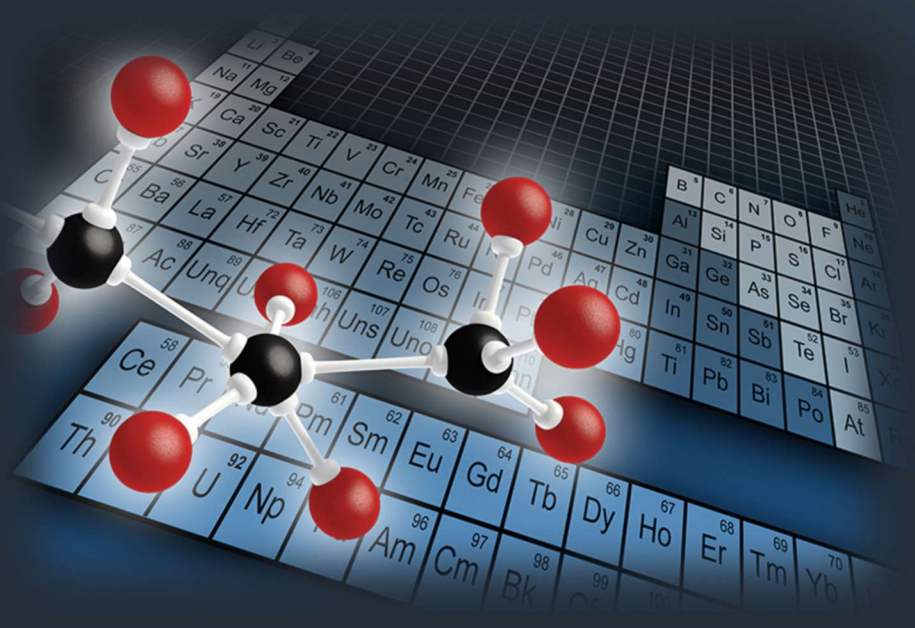
2.1. SZERVETLEN ÉS SZERVES ALKOTÓELEMEK

Készítette Vizkievicz András



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

2.1. Szervetlen és szerves alkotóelemek

2.1.1. Elemek, ionok

Kulcsfogalmak

- Biogén elem, ion, pH,
- szén alapú élet.

Gondolkodási művelet

- Magyarázza a C, H, O, N, S, P, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, I, F szerepét az élő szervezetben.
- *Végezzen el vizsgálatot a C, N, Ca^{2+} kimutatására.*
- Ismerje a H^+, Na^+, K^+, Cl^-, Fe^{3+}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-} - ionok természetes előfordulásait.
- Magyarázza a földi élet szénalapúságát a szén atomszerkezete, molekulaképző sajátossága alapján.
- Értelmezzen adatokat az élőlények elemi összetételének hasonlóságával összefüggésben.
- *Értelmezzen biogén elemek (a szén, a hidrogén, a nitrogén, a kén és a vas) kimutatására irányuló kísérletet.*

2.1.2. Szervetlen molekulák

Kulcsfogalmak

- Molekula, víz, oxigén, szén-dioxid, poláris, hidrolízis,
- párolgáshő, hőkapacitás, felületi feszültség, dipólus, sűrűség, reakció közeg, hidrogénkötés, térszerkezet.

Gondolkodási művelet

- Érveljen a víznek az élet szempontjából kitüntetett szerepe mellett (oldószer, hőszabályozás, fotoszintézis, hidrolízis az emésztés folyamatában).
- Magyarázza a szén-dioxid és az oxigénmolekula jelentőségét az életfolyamatokban.
- Hozza összefüggésbe a víz fizikai és kémiai tulajdonságait biológiai szerepével.
- *Magyarázza és az élettani folyamatok elemzésén keresztül igazolja a víz alapvető biológiai funkcióinak jelentőségét.*

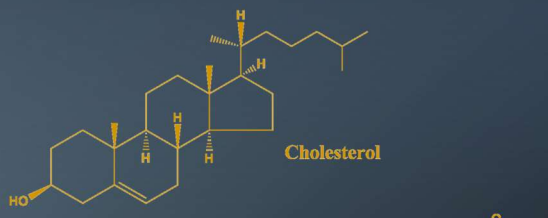
2.1.3. Lipidek

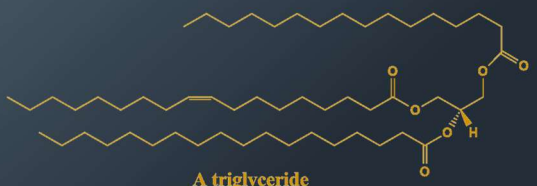
Kulcsfogalmak

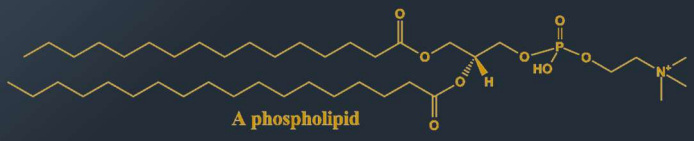
- Apoláris, zsír, foszfatidok, epesav, emulzió, szteroidok,
- karotinoidok, konjugált kettőskötések.

Gondolkodási művelet

- Ismerje fel a zsírok (glicerin+zsírsavak) és a foszfatidok szerkezetét. Magyarázza a foszfatidok polaritási tulajdonságai alapján, miért alkalmasak a biológiai membránok kialakítására (hártyaképzés).
- Magyarázza a lipidek oldódási tulajdonságait, hozzon fel ezekre hétköznapi példákat.
- Magyarázza miért léphet fel könnyen a zsírban oldódó vitaminok túladagolása.
- Ismertesse a zsírok és olajok biológiai szerepét (energiaraktározás, hőszigetelés, mechanikai védelem), és hozza ezt összefüggésbe a zsírszövet szervezeten belüli előfordulásával.
- Ismertesse az epesavaknak a zsírok emésztésben betöltött szerepét (emulgeálás, lipáz aktiválás).
- Mutassa be a következő szteránvázas vegyületek biológiai funkcióit: koleszterin, progeszteron, ösztrogén, tesztoszteron.
- *Végezzen el a zsírok oldódásával kapcsolatos kísérletet, kapcsolja össze a zsírok biológiai szerepével.*
- Ismerje fel a szteránvázat és a karotinoidok alapszerkezetét.
- Mutassa be a következő szteránvázas vegyületek biológiai funkcióit: aldoszteron, glükokortikoidok.
- Magyarázza a karotinoidok (és származékaik) konjugált kettőskötés-rendszere és fotokémiai szerepe közötti összefüggést a növényekben (karotinok, xantofillok) és az emberi látás folyamatában (A-vitamin, rodopszin).
- *Magyarázza a kapcsolatot az epesav polaritása és az epesavas sók emulziót stabilizáló szerepe között, értelmezzen ezzel kapcsolatos kísérleteket.*
- *Értelmezzen a zsírok emésztésével kapcsolatos kísérletet.*







2.1. Szervetlen és szerves alkotóelemek

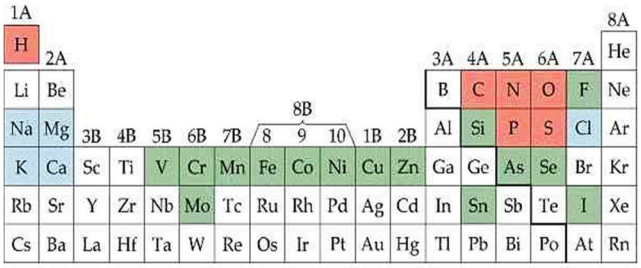
A fejezet a követelményrendszer 2.1. pontja alapján készült. Készítette: Vizkievicz András

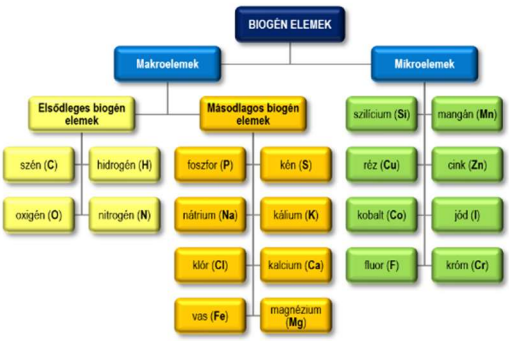
2.1.1. Elemek, ionok

A biogén elemek, az élet szénalapúsága

Az élőlények elkülönülése a környezetüktől több szinten is megnyilvánul. Egyik **legszembeötlőbb eltérés az egyes kémiai elemek előfordulási gyakoriságában megmutatkozó különbség**.

A természetben kb. 92 elem található meg, ugyanakkor az élőlények testének felépítésében csupán kb. 30 elem vesz részt. Ezeket, **az élő szervezeteket felépítő kémiai elemeket biogén elemeknek** nevezzük. (A kémiai elemek azonos rendszámú atomokból felépülő anyagi halmazok.) A biogén elemeket előfordulási gyakoriságuk alapján csoportosítjuk.





Az **elsődleges biogén elemek** a szerves **vegyületek tömegének, több mint 97 %-át alkotják**. Ez csupán **4 elem**: **H, O, C, N**. Közös jellemzőik:

- **kicsi atomsúly, atomméret**, melynek köszönhetően nagy számban kapcsolhatók össze, **változatos molekulákat** alkotva.
- A nagy elektronvonzó képesség (EN) és a kis atomméret miatt **erős kovalens kötések** kialakítására képesek, ezért **stabil molekulákat** alkotnak.
- **Többszörös kötések** kialakítására képesek.

	Földkéreg	Emberi szervezet
H	0%	60,3%
O	62,5%	25,2%
C	0,1%	10,5%
N	0,00001%	2,42%

Az elsődleges biogén elemek relatív gyakorisága a földkéregben, ill. az élő szervezetben eltérő.

Az elemek **előfordulási gyakoriságában** az egyik **legnyilvánvalóbb különbség a szén esetében mutatkozik meg**. Ennek az a magyarázata, hogy **az élőlények testének felépítésében nagyrészt szerves vegyületek vesznek részt**, mint pl. nagyobb csoportjaik a zsírok, a szénhidrátok, a fehérjék, a nukleinsavak. A **szerves vegyületeknek** pedig definíciószerűen alapvetően a **szén- és hidrogéntartalmú vegyületeket tekintjük**, mivel **minden szerves molekula alapvázát szénatomok láncolata alkotja**.

A **szén az egyetlen elem, melynek atomjai szinte korlátlan számban képesek egymással összekapcsolódva különféle stabil óriásmolekulákat létrehozni**, mivel a kisméretű szénatomtörzs körül az **erős kötőelektronpárok szimmetrikusan**, többnyire tetraéderesen **helyezkednek el**. A szénnel megegyező vegyértékelektron-szerkezetű szilíciumnak, az alkánokhoz hasonló, hidrogénnel képzett vegyületei a szilánok, ugyanakkor néhány

szilíciumatom összekapcsolódásával már bomlékony molekulák. Ennek oka, hogy a Si-Si kötések gyengébbek, mit a C-C kötések, mivel a Si a periódusos rendszerben a szén alatt van, így a szilíciumatom mérete nagyobb, ezért a Si-Si kötéstávolság is nagyobb, mint a C-C kötéstávolság (a kötési energia – a kötés erőssége - fordítottan arányos a kötéstávolsággal).

Az élő szervezetekben és az élettelen környezetben az elsődleges biogén elemek megjelenési formája is eltérő.

	Élettelen környezet	Élő szervezet
C:	CO, CO_2, $CaCO_3$, HCO_3^-, CO_3^{2-}	szerves vegyületek
O:	O_2, H_2O, szilikátokban, karbonátokban	víz, szerves vegyületek
H:	H_2O	víz, szerves vegyületek
N:	N_2, nitritek, nitrátok, ammónia	fehérjék, nukleinsavak

A **másodlagos biogén elemek** a szerves vegyületekben kb. **1-2 %-ban jelen lévő** elemek. Mint pl.: **P, S, Fe, Mg, Na, K, Ca, Cl, I.**

A **mikroelemek**, **nyomelemek** a szerves vegyületekben **néhány ezrelékben megtalálható** elemek. Mint pl. **Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Cr stb**.

Az élővilág egységességét jól tükrözi az is, hogy a legkülönbözőbb élőlények kémiai összetétele (az elemek és vegyületek szintjén is) rendkívüli hasonlóságot mutat.

Az egyes biogén **elemek jellemző előfordulásai** az **élő szervezetekben**:

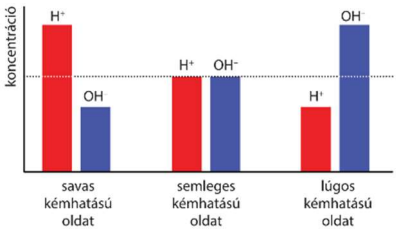
- **H - víz és szerves vegyületek alkotója,**
- **O - víz és szerves vegyületek alkotója,**
- **C - szerves vegyületek vázát képezi, karbonátok alkotója,**
- **N - fehérjékben és nukleinsavakban,**
- **P - nukleinsavakban, foszfolipidekben, gerincesek csontjaiban,**
- **S - fehérjékben** (cisztein, metionin aminosavakban).

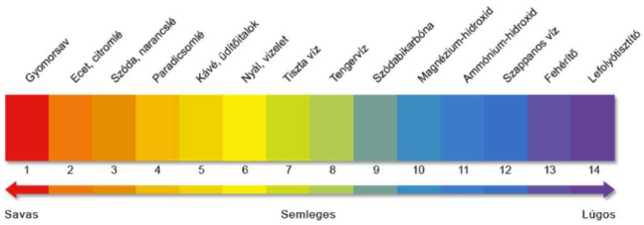
Továbbá

- **Fe^{2+}** - **hemoglobinban**, citokrómokban,
- **Mg^{2+}** - **klorofillban**, izmokban, csontban,
- **Na^+, K^+** - **testnedvek szabad kationjai**,
- **Ca^{2+}** - **csontokban**, **izomműködéshez**, **véralvadáshoz** kell, másodlagos hírvivő,
- **Cl^-** - testnedvek **szabad anionja**,
- **H^+** - **testfolyadékok, citoplazma kémhatásának meghatározója.**

A vizes oldatok kémhatását a hidrogénionok (H^+ (H_3O^+)) és a hidroxidionok (OH^-) koncentrációjának viszonya szabja meg.

- A **savas kémhatású oldatokban** a hidrogénionok koncentrációja nagyobb, mint a hidroxidionok koncentrációja,
- a **semleges kémhatású oldatokban** a hidrogénionok koncentrációja megegyezik a hidroxidionok koncentrációjával,
- a **lúgos kémhatású** oldatokban pedig a hidroxidionok koncentrációja nagyobb, mint a hidrogénionok koncentrációja.





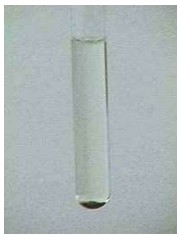
Az **oldatok kémhatását számszerűen a pH érték megadásával lehet jellemezni**. A pH a H^+ koncentráció hatványkitevőjéből adható meg (H^+ koncentráció tízes alapú logaritmusának mínusz egyszerese). A pH skála 0–tól 14-ig terjed.

- **A semleges oldatok pH-ja 7.**
- **Ha a pH értéke kisebb, mint 7, akkor az oldat savas**, pl. a 0,1 mol/dm^3-es sósav pH-ja 1, mivel $[H^+] = 10^{-1}$ mol/dm^3.
- **Ha a pH érték nagyobb, mint 7, akkor az oldat lúgos**.

- **HCO_3^-** - a szén-dioxid vízben való oldódásakor keletkezik, ($CO_2 + H_2O = H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^- = H^+ + CO_3^{2-}$), előfordul **természetes vizekben, testnedvekben**, vízi növények **fotoszintéziséhez** a szén-dioxidot így veszik fel.
- **CO_3^{2-},** - szintén a szén-dioxid vízben való oldódásakor keletkezik.
- **NO_3^-,** - vizekben, talajoldatban fordul elő, **növények legfontosabb N-forrása**.
- **PO_4^{3-}, $H_2PO_4^-$** - vizekben, talajoldatban oldottan fordulnak elő (ill. **$H_2PO_4^-$** formájában), **növények legfontosabb P-forrásai.** Továbbá a **csontok szilárd, szervetlen állományának** fő alkotói, mint különféle apatitok ($Ca_5(PO_4)_3^-$).
- **I** - a pajzsmirigyben termelődő **tiroxin** hormon felépítésében vesz részt.
- **F** - **csontokban**, **fogzománcban** található fluorapatitokban ($Ca_5(PO_4)_3F$).
- **Si** - **SiO_2** formájában **kovaszivacsokban**, **zsurlók** sejtfalában, kovamoszatokban fordul elő, **szilárdító vázanyag**.

A biogén elemek többsége **ionos formában** található meg az élő rendszerekben. Az **ionok töltéssel rendelkező atomok vagy atomcsoportok**. Általában elmondható, hogy a különféle **ásványi anyagok ionjai többnyire oldott állapotban fordulnak elő**, mind természetes vizekben, mind a sejtplazmában vagy különféle testnedvekben (vér, szöveti folyadék, nyirok stb.).

A biogén elemek kimutatása



A szerves vegyületek minőségi analízise – elemi összetételének meghatározása - során a minta kis részletének elégetésekor keletkezett **égéstermékeket** – gázokat, hamut - **vizsgáljuk**.

A szén és a hidrogén kimutatása

Bármely szerves vegyület elégetésekor az anyag széntartalma szén-dioxiddá, hidrogéntartalma vízzé oxidálódik.

A **szén kimutatása** során a fejlődő **szén-dioxid gázt meszes vízbe vezetjük**, mely a keletkező, rosszul oldódó **kalcium-karbonáttól megzavarosodik**.

$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$$

https://drive.google.com/file/d/1QHnGBDcSzEZu6P78zppni4tkko1unvNE/view?usp=sharing

A **hidrogén kimutatásakor** a kémcső hidegebb részein **lecsapódó páracseppek** a szerves vegyületek hidrogénjének oxidációját jelzik.

A **nitrogén kimutatása** során a **szerves vegyületek nitrogéntartalma nátrium-hidroxiddal ammóniává alakítható**. A lúgos kémhatású ammónia keletkezését a **lakmusz indikátor** kékre változása jelzi.

https://drive.google.com/file/d/1Tu_10LRPIIrH5aAnLEMyQv-U1kgPea7p/view?usp=sharing

A **kén kimutatása** során a **szerves vegyületek kéntartalmát nátrium-hidroxiddal melegítve szulfid-ionokká alakítjuk**. A keletkezett **szulfid-ionok ólom-nitráttal fekete ólom-szulfid csapadékká alakulnak.**

$$S^{2-} + Pb(NO_3)_2 = \underline{PbS} + 2\ NO_3^-$$

https://drive.google.com/file/d/1PN9zMt5mqTprJfRZg-EKuLMbxvaMbA2q/view?usp=sharing

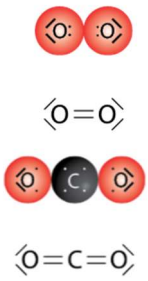
A **vas kimutatásakor** a hamuból a **vasat salétromsavval kioldjuk, majd kálium-rodaniddal reagáltatjuk, melynek során vörös színű vas-rodanid keletkezik.**

$$Fe(NO_3)_3 + 3\ KSCN = Fe(SCN)_3 + 3\ KNO_3$$

- Kémcsőben egy ujjnyi növényi hamut kb. 2 ujjnyi híg salétromsavval feloldunk.
- Enyhén melegítjük.
- Leszűrjük.
- A szűrlethez hozzáöntjük a kb. 1 ujjnyi reagenst.

https://drive.google.com/file/d/1VluZsl2Di-nalPYSGPwk5EHsl-t2xuqL/view?usp=sharing

2.1.2. Szervetlen molekulák



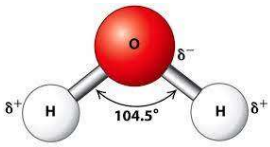
A **molekulák** meghatározott számú atom összekapcsolódásával létrejött, meghatározott geometriai szerkezettel rendelkező semleges részecskék. A molekulákban az atomokat erős **kovalens kötések** tartják össze. Az élőrendszerek felépítése és működése szempontjából a legfontosabb szervetlen molekulák, pl. a **H_2O, O_2, CO_2**, NH_3.

A víz

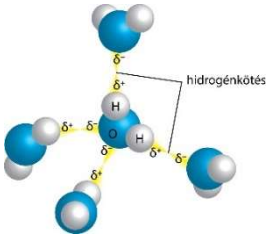
Az élőlények számára a **legjelentősebb szervetlen vegyület** a víz. Élőlények, szövetek hozzávetőleges víztartalma m%-ban:

	Élőlények %	szövet %	
felnőtt nő	55	csontváz	32
felnőtt férfi	65	bőr	65
csecsemő	74	agy	73
éti csiga	84	izomzat	80
medúza	98		

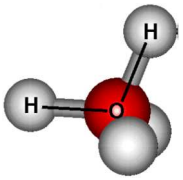
A **vízmolekula poláris, dipólusos szerkezetű,** az oxigénatomon elektronfelesleg – negatív töltéstúlsúly –, a hidrogénatomokon pedig elektronhiány – pozitív töltéstúlsúly - alakul ki, tekintve, hogy az oxigén nagyobb elektronvonzó képessége – elektronegativitása – folytán a kötő elektronpárokat maga felé vonzza.



A poláris vízmolekulákat **H-kötés** tartja össze, mely az egyik oxigénatom nemkötő elektronpárja és a másik vízmolekula hidrogénatomja között létesül. **A folyékony víznek**, mint anyagi halmaznak a **sajátos fizikai tulajdonságai** – melyek a földi élet szempontjából különös jelentőséggel bírnak - **a molekulák közötti H-kötésre vezethetők vissza**, mint pl.



- a molekulatömegéhez képest **magas olvadás- és forráspont**,
- a **nagy hőkapacitás**,
- a **nagy párolgáshő**,
- továbbá, hogy **fagyásakor a halmaz térfogata nő**.



A víznek molekulatömegéhez képest **magas az olvadáspontja (**0 ºC) **és forráspontja** (100 ºC), aminek köszönhetően a természetben mindhárom halmazállapotban előfordul. Figyelembe véve az életfolyamatok működési hőmérséklet-tartományát, a **földi élet folyékony víz nélkül nem jöhetett volna létre.**

A molekularácsos anyagi halmazok olvadás- és forráspontja alapvetően a molekulák tömegétől és a molekulák között ható összetartó erők minőségétől függ. Minél nagyobb a molekulák tömege, ill. minél erősebbek a molekulák között ható erők, annál magasabb az olvadás- és forráspont. A moláris tömege (18 g/mol) alapján azt várhatnánk, hogy a víz a hozzá közel megegyező tömegű metánhoz (16 g/mol) hasonlóan, szobahőmérsékleten gázhalmazállapotú. Ezzel szemben a metán olvadáspontja – 182 ºC, forráspontja – 161 ºC, tekintve, hogy az apoláris metánmolekulák között sokkal gyengébb van der Waals erők hatnak.

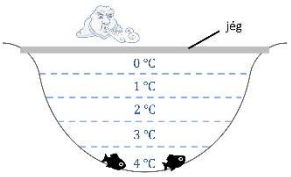
Hőkapacitásnak nevezzük az adott tömegű anyag hőmérsékletének 1 °C-al való emeléséhez szükséges hőt. A különböző minőségű anyagoknak eltérő a hőkapacitása, azaz ugyanakkora hőmérséklet-változás létrejöttéhez különböző hőmennyiségre van szükségük.

A **víznek nagy a hőkapacitása**, ezért nagyon **sok hőt képes elnyelni, tárolni és szállítani**. Ennek jelentősége abban áll

- egyrészt, hogy **klímameghatározó szerepe van**, mivel a **nagyobb víztömegek lassabban és kevésbé melegszenek fel, valamint lassabban és kevésbé hűlnek le**, mint a szárazföldi területek, ill. a víz a nyáron elnyelt hőmennyiséget télen bocsátja ki, tehát télen fűt, nyáron hűt (óceáni éghajlat),
- másrészt pedig, hogy az **élőlények testhőmérséklete a magas víztartalmuk miatt kevésbé ingadozik**, akár a külső hőmérsékletváltozás okán, akár a hőtermelő (exoterm) anyagcsere folyamatok végett.

A **párolgáshő** egységnyi tömegű folyadék állandó hőmérsékleten történő elpárologtatásához szükséges energia. Nagy párolgáshőjének köszönhetően a víz sok hőt von el a környezetétől párolgása során, aminek többek között az élőlények – növények, állatok egyaránt – **hőszabályozásában** van jelentősége.

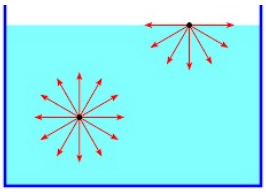
A víz sűrűsége + 4°C-nál a legnagyobb, további hűlésekor sűrűsége már csökken, így **fagyáskor térfogata nő**, aminek megfelelően a tavak nem alulról, hanem felülről fagynak be.



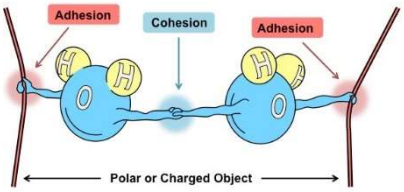
Télen a természetes édesvizek befagyás előtt teljes mennyiségükben + 4°C-ra hűlnek le, s csak majd ezt követően fagy meg a legfelső vízréteg, ami a vízi élővilág számára rendkívül kedvező.

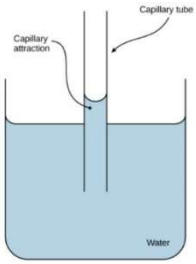
A **víznek nagy a felületi feszültsége**, ami miatt lehetőség szerint a legkisebb fajlagos felületű (tömeghez viszonyított felület) gömb alakot veszi fel, ill. a vízszintes folyadék felülete rugalmas hártyához hasonlóan viselkedik.

A felületi feszültség kialakulásának oka, hogy a folyadék belsejében lévő molekulákat a szomszédjai minden irányból vonzzák (kohéziós erő), ugyanakkor a víz felszínén elhelyezkedő részecskéket csak a halmaz belsejéből éri vonzóhatás. Ennek eredményeképpen a felszínen található molekulák egy része a folyadék belsejébe kerül, amiért a felszínen lévő részecskék száma csökken, a felszín összehúzódik.

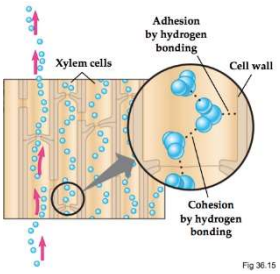


A felületi feszültséggel függ össze az ún. **kapillárishatás** (**hajszálcsövesség**). Amennyiben egy folyadék és egy szilárd anyag részecskéi között nagyobb a vonzóerő (adhézió), mint a folyadék molekulái közötti kohézió, **kapilláris emelkedés** következik be, a folyadék úgymond nedvesíti az edény falát.





A víz **felületi feszültségének sokrétű a biológiai jelentősége**:



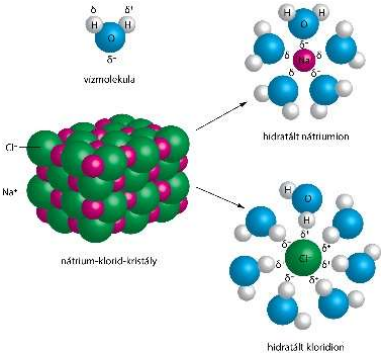
- egyes rovarok képesek a víz felszínén futkározni, annak ellenére, hogy a sűrűségük nagyobb a vízénél (nem süllyednek el).
- A hajszálcsövességnek, ill. a vízmolekulák között ható kohéziós erőnek fontos szerepe van a **növények vízszállító edényeiben a víz szállításában, ill. a talajban a felfelé irányuló vízmozgásban**.

A víz biológiai szerepe

1. Kitűnő poláris oldószer

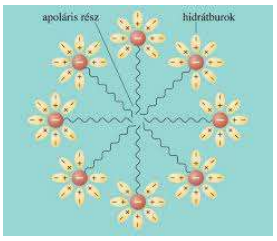
- Poláris vegyületeket hidratációval,
- ionrácsos vegyületeket elektrolitos disszociációval,
- amfipatikus vegyületeket micellaképződéssel oldja.

Általában mindazon vegyületek jól oldódnak vízben, amelyek H-kötésre képesek.



2. Reakciópartner

- **Hidrolízis** során egy nagyobb molekula víz belépésével kisebb molekulákra bomlik. Makromolekulák monomerekre bomlásában van jelentősége, pl. az emésztésben.
- **Kondenzáció** során kisebb molekulák víz kilépésével nagyobb molekulákká egyesülnek. Monomerek makromolekulákká összekapcsolódásában jelentős, pl. fehérjeszintézisben.



3. **Reakcióközeg,** mivel az anyagcsere-folyamtok vizes oldatokban játszódnak le.
4. **Szállítóközeg**, vízben oldott anyagokat szállítja (pl. vér).
5. **Szerkezetmeghatározó**
   - A sejtek alakjának,
   - növényi sejtek turgorának,
   - lágyszárú növények, puhatestűek testalakjának meghatározója.

2.1.3. Lipidek

A lipidek olyan szerves vegyületek gyűjtőcsoportja, amelyek **igen különböző szerkezetűek**, azonban közös sajátságuk, hogy **apoláris oldószerekben jól oldódnak**.

https://drive.google.com/file/d/1gt4E-3GP17LM6N5I4vrzkblL38bbFSVZ/view?usp=sharing

Fontosabb csoportjaik

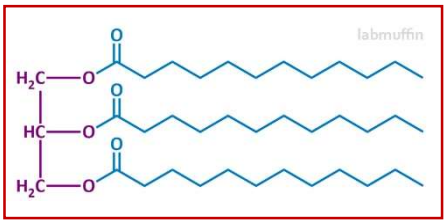
- **Neutrális zsírok**
- **Foszfolipidek**
- **Szteroidok**
  - **Koleszterin**
  - **D-vitamin**
  - **Epesavak**
  - **Hormonok**
- **Karotinoidok**

Neutrális zsírok (trigliceridek)

Ide tartoznak a **természetes zsírok és a nem illó olajok**.

Szobahőmérsékleten azokat a neutrális zsírokat, amelyek

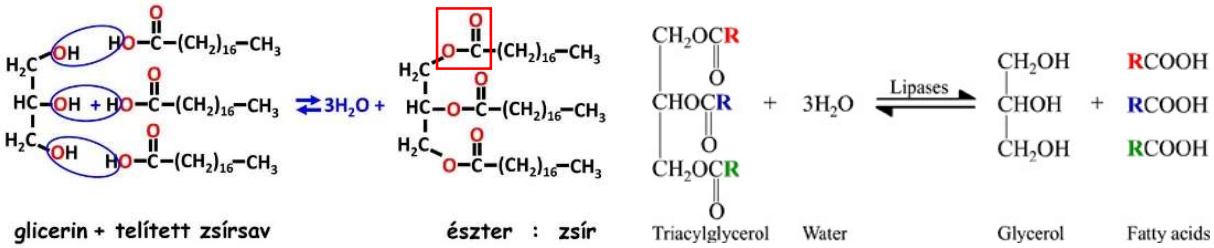
- szilárdak, **zsíroknak**,
- folyékony halmazállapotúak, **olajoknak** nevezzük.



A neutrális zsírok kémiailag a **glicerin zsírsavakkal alkotott észterei** (triacil-gliceridek).

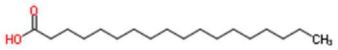
Glicerinből és zsírsavakból **kondenzációval jönnek létre**, melynek eredményeképpen a kapcsolódó csoportok között **észterkötés** jön létre.

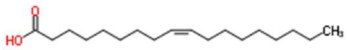
Bomlásuk hidrolízissel történik, pl. az **emésztés** során **lipáz** enzim hatására a bélben.

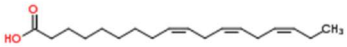


A zsírsavak lehetnek:

- **telítettek**, ahol a szénatomok között csak egyszeres kötések találhatók, ilyen a palmitinsav (16) és a sztearinsav (18),
- vagy **telítetlenek**, melyek molekuláiban a szénatomok között kétszeres kötések is előfordulnak, mint pl. ilyen az olajsav (18).


telített zsírsav (sztearinsav)


egyszeresen telítetlen zsírsav (olajsav)


többszörösen telítetlen zsírsav (alfa-linolénsav)

https://drive.google.com/file/d/1VYYWuvEluoTFnwsc9P9iZ4Fxoz0ncFIH/view?usp=sharing

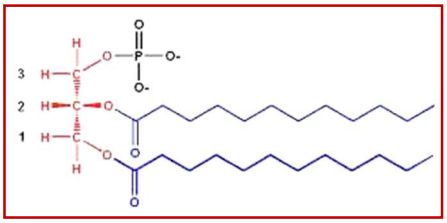
A neutrális zsírok biológiai szerepe

1. **Raktározott tápanyagok,** mivel kétszer annyi energiát tárolnak, mint az azonos tömegű szénhidrátok. Heterotróf szervezetekben elsődleges energiaraktárak.
   Állati szervezetekben a **zsírszövetekben** halmozódnak fel:
   - **bőr aljában,**
   - **szervek körül** (bélcső, szív, máj, vese, szem).

   Növényekben pl. **olajos magvakban** találhatóak meg.
2. **Helyzetüknél fogva - a bőr alatt - hőszigetelő szerepet látnak el, ill.**
3. **mechanikai szerepük van, pl. szervek helyét rögzítik, talpon, tenyéren puha párnákat képeznek.**
4. **Zsírban oldódó vitaminok (D, E, K, A) oldószerei és raktározó helyei.**

Az állati szervezetekben minden feleslegben felvett tápanyag zsírrá alakul.

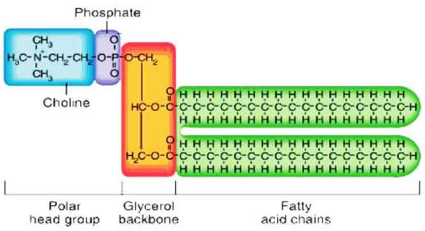
Foszfatidok (Foszfolipidek)



Alapvegyületük a **foszfatidsav**, amelynek részei:

- **glicerin,**
- **két zsírsav,**
- **foszforsav.**

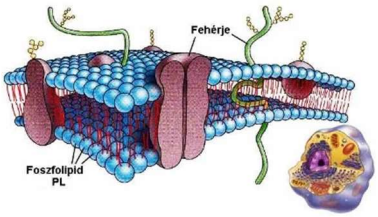
A foszfolipidek **kettős oldódású, amfipatikus vegyületek**, mivel poláris és apoláris részekből állnak, így **oldódnak poláris és apoláris oldószerekben egyaránt**.

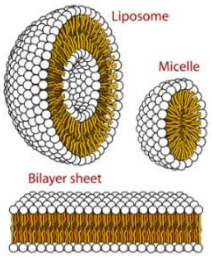


- **A glicerin, a foszforsav és a kapcsolódó csoport poláris,**
- **a zsírsavak apolárisak.**

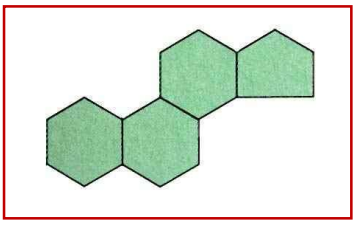
Vízben kolloid méretű gömb-, ill. lemezes **micellákat** alkotnak, amelyekben a **molekulák** a vizet maguk közül kiszorítva, **apoláris részeikkel egymás felé fordulva, kettős rétegbe rendeződnek.**

Legfontosabb biológiai szerepük, hogy a sejtekben határhártyákat, membránokat hoznak létre, így vizes tereket választanak el.



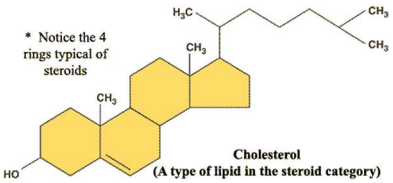


Szteroidok



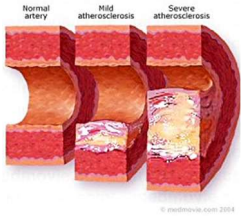
Az ide tartozó vegyületek közös szerkezeti sajátsága a **szteránváz**. Az egyes szteroidok a szteránvázhoz kapcsolódó funkciós csoportok minőségében térnek el egymástól.

Koleszterin



Állati zsírokban, vérben, epében, sejthártyában fordul elő. Részben táplálékkal vesszük fel, állati zsiradékok tartalmazzák nagyobb mennyiségben, részben a szervezetünk állítja elő a májban. Fontos előanyaga a különböző szteránvázas vegyületek – pl. hormonok - szintézisének, ugyanakkor **magas koncentrációja** a vérben **érszűkületet, érelmeszesedést** okoz.

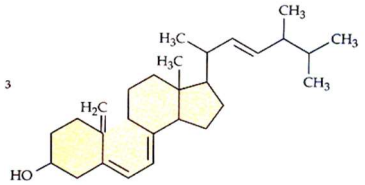
D_3-vitamin



A szervezetünk optimális **kalcium-anyagcseréjéhez** szükséges **zsírban oldódó vitamin.**

E vegyületet

- részben a **táplálékkal vesszük fel**, magas D-vitamin tartalmú ételek a **halmájolajok, tejtermékek, tojás**,
- **részben a szervezetünk maga állítja elő a bőrben a nap UV-sugárzásának segítségével**.



Képződése röviden:

- **koleszterinből előanyag** (7-dehidrokoleszterin) **képződik a bőrben,**
- **ebből a szintén a bőrben inaktív D_3-vitamin** (kolekalciferol) **lesz,**
- **ez a májban raktározódik és tovább módosul** (25-hidroxi-kolekalciferollá)**,**
- **majd a vesében aktív vitaminná alakul** (1,25-dihidroxikolekalciferollá)**.**

A 7-dehidrokoleszterin a napsugár ultraibolya komponensének hatására a bőrben is átalakul D3-vitaminná (kolekalciferollá), amely azonban még nem a biológiailag aktív anyag. A D3-vitamin megtalálható számos táplálékban is (tengeri halak, máj, tojássárgája), amelyek szintén alkalmasak arra, hogy a D3-vitamin-szükségletünket pótolják. A D3-vitaminból a májban 25-hidroxi-kolekalciferol képződik, amely a vesébe kerülve (a kanyarulatos csatornák sejtjeiben) egy enzim (1-alfa-hidroxiláz) hatására 1,25-dihidroxikolekalciferollá alakul: ez már a D-vitamin biológiailag aktív formája. Ehhez az enzimatikus átalakításhoz szükséges a parathormon, ami nélkül a reakció nem megy végbe. Az aktív D-vitamin (1,25-dihidroxi-kolekalciferol) a bélhámsejteken belül egy receptorfehérjéhez kötődve azoknak a géneknek az átírását szabályozza, melyek fehérjetermékei az aktív kalciumfelszívásban játszanak szerepet. E hatás eredményeként a bélből történő kalciumfelszívás fokozódik.

Szerepe Emelt szintű érettségi feladat

A D_3-vitamin egy kalciumtranszport-fehérje képződését segíti elő a vékonybél nyálkahártyában **génátírás aktiválása** révén.

Ezért:

- **fokozza a kalciumionok felszívódását a bélből,**
- **ezáltal emeli a vér kalcium koncentrációját,**
- **elősegíti a kalcium beépülését a csontokba.**

Továbbá **fokozza az immunrendszer működését**. (Télvégi influenzajárványok egyik oka a szervezet alacsony D-vitamin tartalma.)

A további vizsgálatok azonban azt is bizonyították, hogy a légutakat bélelő sejtekben aktivált D-vitamin két olyan génre is hat, amelyeknek az immunválaszban van szerepe. Az egyik gén a cathelicidin nevű fehérjét kódolja, amelynek baktériumölő hatása van. A másik, a CD-14 jelű gén által kódolt fehérje pedig a kórokozók felismerésében tölt be fontos szerepet. Emelt szintű érettségi feladat

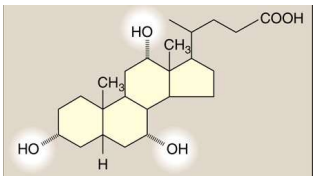
Hiánya

A **D-vitaminhiány**

- **kalciumhiányt** eredményez,
- **ami miatt csonttömegvesztés jön létre**,
- fiatalkorban az **angolkór** kialakulásához vezet, jellegzetes csontrendszeri elváltozásokat (dongaláb, a gerinc és a mellkas torzulásai) okoz.

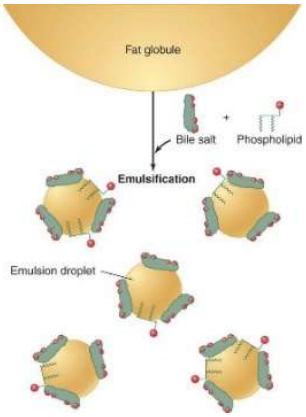
Nem csak a vitaminok hiánya, hanem a **zsírban oldódó vitaminok esetén azok túladagolása (hipervitaminózis) is egészségügyi kockázatokkal jár**, mivel zsírokban oldódva **nem ürülnek ki**, **felhalmozódnak a zsírszövetekben**. Pl. a D-hipervitaminózis magas vérkalciumszinttel jár, ami **erek és szövetek elmeszesedéséhez**, **vesekő** képződéséhez vezethet.

A folyamatosan adagolt mesterséges vitaminkészítmények esetén, mindig ügyelni kell a kontrollált és optimális vitaminmennyiségre.



Epesavak olyan szteroidok, amelyek az epében találhatók meg, **sók formájában fordulnak elő,** ezért az **epe** nem savas, hanem **lúgos**.

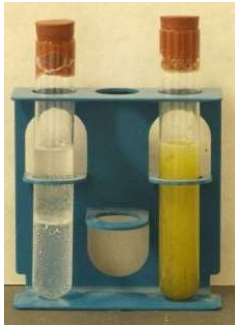
A bélben **segítik a zsírok emésztését**, úgy,



- hogy egyrészt **emulgeálják** - **fizikailag aprózzák** - a nagyobb zsírcseppeket kisebb cseppekké, stabilizálják a zsíremulziót, miáltal nő azok összfelülete, aminek köszönhetően a zsírbontó lipázok hatékonysága megnő.
- Másrészt **aktiválják a zsírbontó lipázokat**.

Az epesavak **amfipatikus vegyületek**, apoláris részükkel körbeveszik a zsírcseppeket, poláris részükkel pedig a vizes fázis felé fordulnak. Hatásuk a szappanokéhoz hasonlítható.

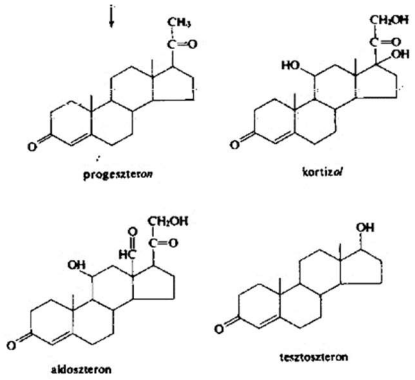
Az epe zsírokat szétoszlató szerepét bemutató kísérlet



- Két kémcsőbe öntsünk 3-3 ujjnyi vizet, mindkettőre rétegezzünk 1-1 ujjnyi olajat! Az egyikbe öntsünk egy ujjnyi epét!
- Gumidugóval zárjuk le a két kémcsövet, rázzuk össze azokat és várjunk néhány percig!

A víz poláris, az olaj apoláris, vízben nem oldódik, az epe kettős oldódási tulajdonságú. Az epét nem tartalmazó rendszer két fázisra vált szét, az epés kémcső zavaros maradt, mivel az epe apró cseppek formájában oldatban tartja a vízben nem oldódó olajat.

Szteránvázas hormonok Részletesen lásd hormonális rendszer



Mellékvesekéreg-hormonok:

- **kortizol**: szénhidrát-anyagcserére hat.
- **Aldoszteron**: a só visszaszívását serkenti a vesében.

A **petefészekben** termelődő női nemi hormonok:

- **progeszteron**: megőrzi a terhességet.
- **Ösztrogén**: egyik fő feladata a másodlagos nemi jellegek kialakítása.

A **herében** termelődő férfi nemi hormon:

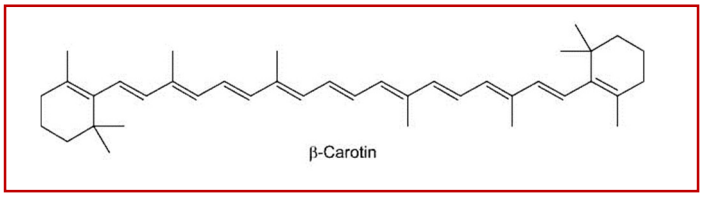
- **tesztoszteron**: másodlagos nemi jellegek kialakításában játszik szerepet.

Karotinoidok

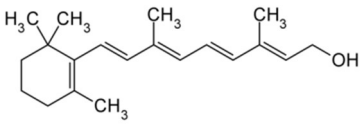
A karotinoidok többnyire **szénhidrogének**. **Konjugált kettőskötés-rendszerűek,** ahol az egyszeres és a kétszeres C-C kötések szabályosan váltakoznak. Az ilyen elektronrendszer delokalizált, **könnyen gerjeszthető**, ezért a karotinoidok **színesek**

A karotinoidok, elektronrendszerük könnyű gerjeszthetősége révén, különféle **fotokémiai reakciókban** jelentősek, mint pl. fotoszintézis, látás.

A **karotin** a sárgarépa színanyaga, **tartaléktápanyaga**, az **A-vitamin előanyaga, fotoszintetikus pigmentként a fotoszintézis fényszakaszában a fényenergia elnyelésében játszik szerepet**.

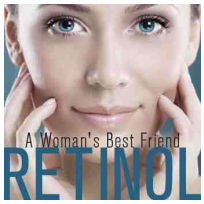


Az **A-vitamin** (retinol) a **májban** karotinból keletkező, majd raktározódó **zsírban oldódó vitamin.**



Szerepe

- A retina fényérzékenységét biztosító **rodopszin** (fényérzékeny anyag) egyik összetevőjének, a retinalnak **előanyaga**, ezért a **normális látás fenntartásában nélkülözhetetlen**,
- **fontos a hámfelületek védelmében**, ezért véd a hámon keresztül történő fertőzések ellen.



Fő forrása

- Vitamin formájában a **halmájolajok**, **tejtermékek**, **máj** tartalmazzák. Előanyagát a karotint, tartalmazza a **legtöbb zöldség.**

Mivel vízben nem oldódik, a felszívódásához zsiradék szükséges.

Hiánya

- **Szürkületi vakságot (farkasvakságot)**, sőt teljes vakságot okozhat.
- Hámszövetek, mirigyek károsodnak, a **bőr kiszáradása**, a szőrzet és a hajszálak törékenysége, kihullása tapasztalható.

$K_{1,2}$ –vitamin

Szerepe

- **A normális véralvadáshoz kell**, jelenlétében a **máj egy véralvadási faktort, protrombint szintetizál**.

Fő forrása

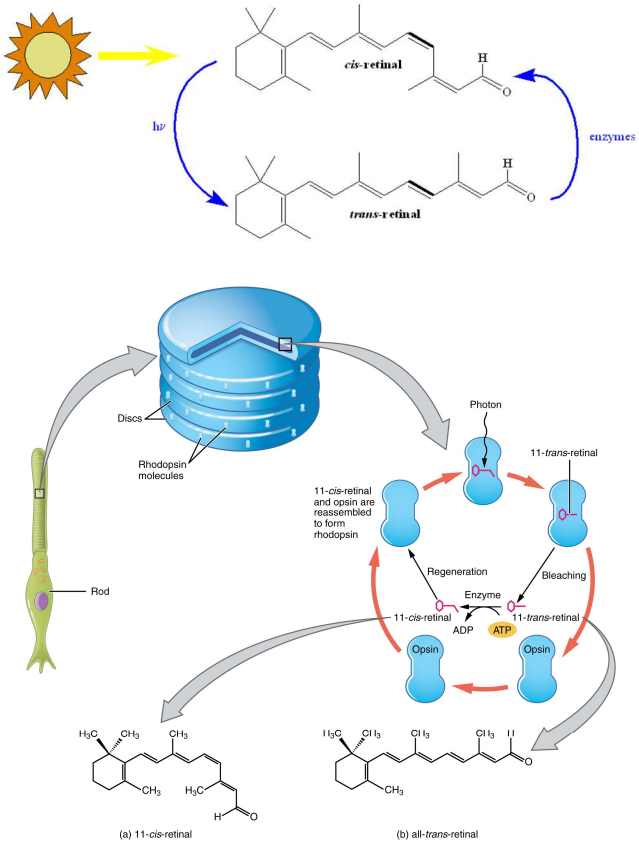
- K_1-t **növényi olajok**, zöld leveles zöldségek, káposzta, brokkoli, paraj tartalmazzák.
- A K_2-t **bélbaktériumok termelik**. Éppen ezért hosszan tartó, bélgyulladással járó betegség, vagy antibiotikumos terápia következményeként K-vitaminhiány állhat elő.

Hiánya

- **Vérzékenységhez, véralvadási zavarokhoz** vezet.

Retinál

A **szem fényérzékeny anyaga**, az A-vitaminból keletkezik. A látás lényege, hogy fény hatására a cisz-retinál transz-retinállá izomerizálódik (**fotokémiai reakció**).



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

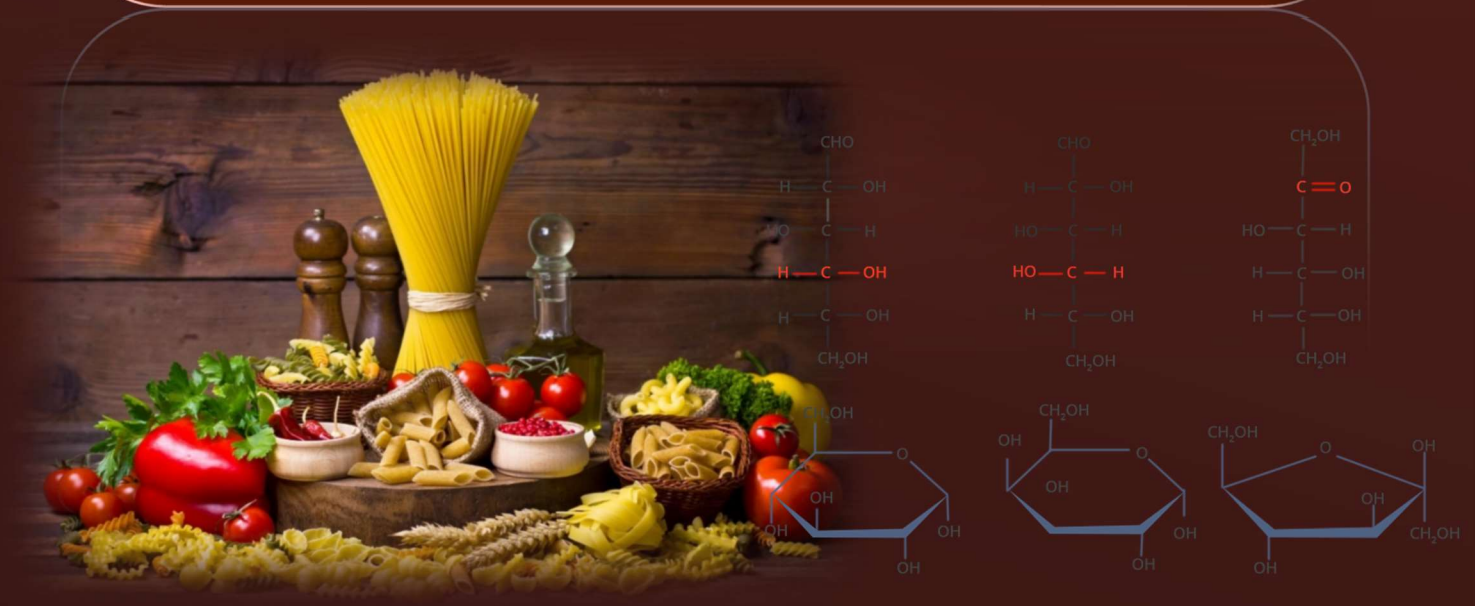
2.1.4. Szénhidrátok

Kulcsfogalmak

- Mono- és diszacharidok (cukrok), poliszacharidok (keményítő, cellulóz, glikogén), Lugol-próba,
- α- és β-glükóz, kondenzáció.

Gondolkodási művelet

- Értelmezze a szénhidrátok természetes előfordulásai és az élő szervezetben betöltött szerepük közötti összefüggést. Hasonlítsa össze a következő szénhidrátokat íz, vízoldhatóság és emészthetőség szempontjából: szőlőcukor, keményítő, glikogén, cellulóz.
- Ismerje fel a glükóz, ribóz, dezoxiribóz molekulájának felépítését, idézze fel biológiai szerepüket, melyik molekulák alkotói.
- Írja fel és ismerje fel a glükóz összegképletét.
- Ismertesse, mit nevezünk cukornak (mono- és diszacharidok), nevezzen meg élelmiszerben előforduló cukrokat (glükóz, fruktóz, maltóz, szacharóz, laktóz).
- *Végezze el és értelmezze a keményítő jóddal történő kimutatását (Lugol-próba), és ismerje fel a keményítőszemcséket mikroszkópban és mikroszkópos képen.*
- *Magyarázza, miért édes a sokáig rágott kenyér.*
- Ismerje fel rajzolt ábrán az α- és β-glükóz szerkezetét, ismertesse a maltóz, a laktóz és a szacharóz monoszacharidokból felépülő alapegységeit, magyarázza az amilóz és cellulóz molekulájának felépítését.
- Írja fel, ismerje fel és magyarázza a poliszacharidok általános tapasztalati képletét.



2.1.4. Szénhidrátok

A szénhidrátok az élet szempontjából rendkívül fontos, nélkülözhetetlen vegyületek. **A bioszféra szerves anyagainak fő tömegét adó vegyületek.**

A szénhidrátok **biológiai jelentősége**:

- a **sejtek elsődleges energiaforrásai** (**glükóz**),
- **tartaléktápanyagok** (**keményítő**, **glikogén**),
- **vázanyagok** (**cellulóz, kitin, pektin**),
- más vegyületekkel összekapcsolódva fontos **makromolekulák – nukleinsavak – építőkövei** **(ribóz, dezoxiribóz).**

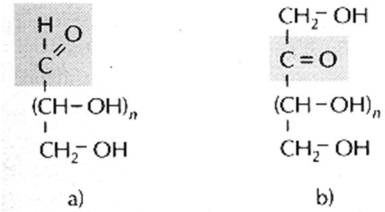
Többféleképpen csoportosíthatók.

Méret alapján:

- **egyszerű szénhidrátok**, ill. **monoszacharidok**, amelyek savas hidrolízissel tovább nem bonthatók,
- **összetett szénhidrátok**, savas hidrolízissel monoszacharidokra bonthatók,
  - **diszacharidok,** két monoszacharidból,
  - **poliszacharidok,** sok száz, ill. ezer egyszerű szénhidrátból épülnek fel.

Funkciós csoport alapján:

- **aldózok (a) aldehidcsoportot,**
- **ketózok (b) ketocsoportot** tartalmaznak.



Monoszacharidok

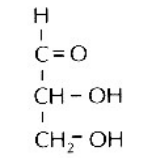
Általában

- **édes ízű,**
- **fehér, kristályos,**
- **nem hidrolizálható,**
- **vízben jól oldódó anyagok.**
- **Összetett szénhidrátok emésztésének végtermékei.**

További csoportosításuk szénatomszám szerint történik.

Triózok (C_3)

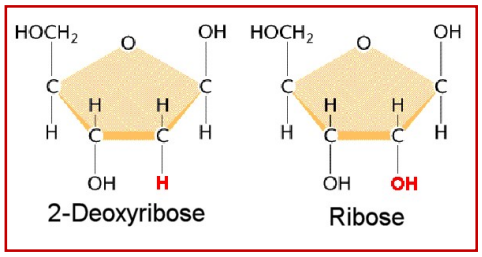
A legegyszerűbb monoszacharidok, ilyen pl. a **glicerinaldehid,** mely az anyagcserében fontos köztes termék.



Pentózok (C_5)

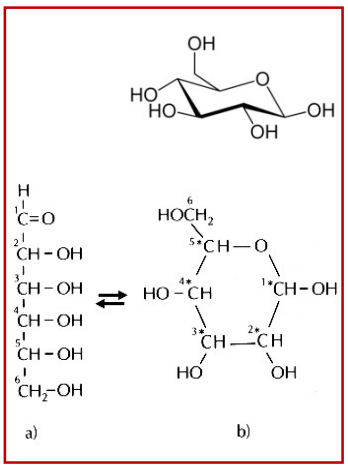
- **Ribóz**
- **Dezoxiribóz**

A kétféle pentóz között csupán egyetlen oxigénatom a különbség. Mint az elnevezés mutatja, a **dezoxiribóz 2. szénatomjához nem kapcsolódik oxigén**, csupán hidrogén.



A pentózok jelentősége:

- **DNS, RNS építőkövei,**
- **az anyagcserében fontos köztestermékek.**



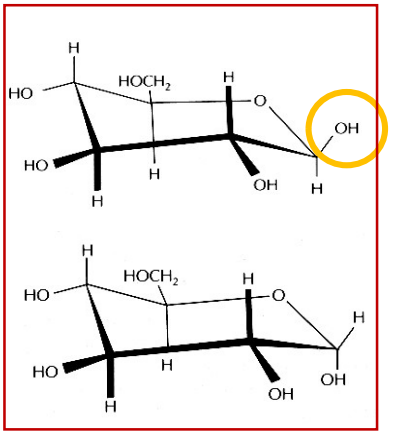
Hexózok (C_6)

Glükóz, szőlőcukor $C_6H_{12}O_6$

A legfontosabb monoszacharid:

- **a legelterjedtebb, legnagyobb mennyiségben fordul elő,**
- **fotoszintézis sötét szakaszának végterméke,**
- **a vérben a szénhidrátok szállítása ebben a formában történik,**
- **makromolekulák - keményítő, cellulóz stb. -monomerje,**
- **a sejtek elsődleges, közvetlen energiaforrása,** a vérben literenként kb. 1g glükóz van.
- **Édes ízű, vízben kitűnően oldódó anyag.**
- **Összetett szénhidrátok emésztésének a végterméke, tovább nem emészthető.**

Vizes oldatban a molekulák kb. 1%-a nyílt láncú, 99%-a gyűrűs szerkezetű. **Gyűrűs állapotban a glükóznak kettő stabil izomerje létezik.**



- **Béta-glükóz,**
- **alfa-glükóz.**

A béta-glükóz

A gyűrűs állapotú székkonformációban a C-atomokhoz kapcsolódó összes -OH-csoport ekvatoriális állású. Ez a konformáció a lehető legstabilabb glükózizomer.

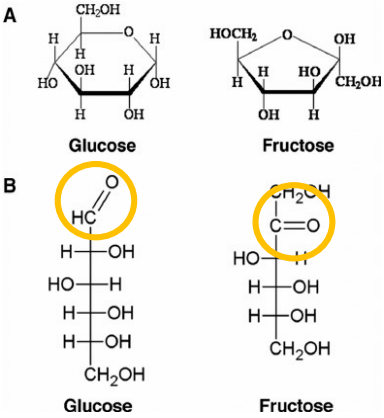
Az alfa-glükóz

A gyűrűs állapotú székkonformációban az első szénatomon az -OH-csoport axiális állású, a többi C- atomon ekvatoriális.

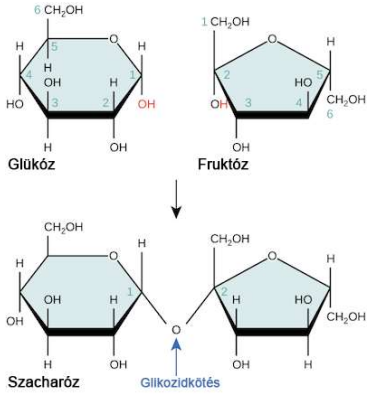
A kétféle izomer vizes oldatban a nyitott formán keresztül átalakul egymásba, egyensúlyt fenntartva.

D-Fruktóz, gyümölcscukor

Főleg **gyümölcsökben (elnevezés), mézben előforduló, legédesebb ízű monoszacharid**. Összegképlete $C_6H_{12}O_6$, megegyezik a glükózéval, konstitúciós izomerek, aldehidcsoport helyett ketocsoportot tartalmaz nyílt láncú formában.



Diszacharidok



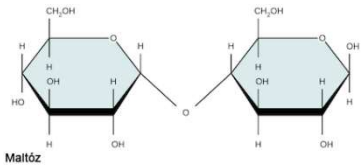
Két monoszacharid kondenzációja révén jönnek létre. A monoszacharidok között éterkötés található.

A mono- és a diszacharidokat cukroknak nevezzük, többnyire élelmiszerekben fordulnak elő, pl. glükóz, fruktóz, maltóz, szacharóz, laktóz.

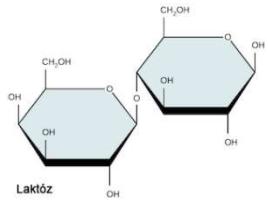
Maltóz, malátacukor

Fehér színű, vízben jól oldódó, édes ízű por. **Két alfa-glükózból épül fel.**

Elsősorban ott fordul elő, ahol előzőleg keményítő bontása folyt, így pl. **csírázó magvakban** (maláta = csírázó árpa), zöld levelekben, **emésztéskor a tápcsatornában**. A glikogén bontásakor szintén felszabadul.

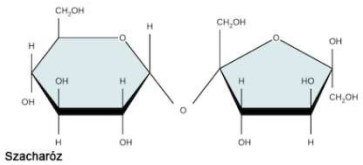


Laktóz, tejcukor



Amennyiben a tejcukor a vékonybélben nem tud egyszerű cukrokká bomlani - a laktózt bontó enzim, a laktáz hiánya miatt -, ún. **tejcukorérzékenység** alakul ki, mely jellemző **tünetei** a különféle **hasi panaszok**, mint pl. **puffadtság**, **hasmenés**, émelygés.

A panaszok hátterében



- egyrészt az áll, hogy a **bélben maradó laktóz erősen növeli a béltartalom ozmotikus szívóerejét**, rontva a vízfelszívódás hatékonyságát, ami a széklet hígulását eredményezi,
- másrészt a vastagbélben működő **baktériumok** működésének köszönhetően **különféle szerves savak és gázok keletkeznek,** melyek jelentősen **fokozzák a bélperisztaltikát.**

Szacharóz, répacukor, nádcukor

Fehér színű, vízben jól oldódó, édes ízű por. **A növényvilágban az egyik legelterjedtebb, szabadon előforduló diszacharid**.

Az **emberi táplálkozás** és az élelmiszer-előállítás **szempontjából a legjelentősebb szénhidrát**, emberi étrendben a **legfontosabb természetes édesítőszer**, a közönséges cukor alapanyaga. Neve mutatja, hogy cukorrépából, ill. cukornádból állítják elő.

Poliszacharidok

A **poliszacharidok monoszacharidokból kondenzációval felépülő óriásmolekulák**, polimerek. Sok **száz** vagy akár több **ezer** monoszacharid kapcsolódhat egymáshoz. **Savas hidrolízissel** általában előbb **diszacharidokká**, majd **monoszacharidokká** bonthatók. **A legelterjedtebb szénhidrátok.**

Általános képletük: $(C_6H_{10}O_5)_n$

Feladatuk szerint csoportosítjuk:

- **tartalék tápanyagok: keményítő, glikogén,**
- **szilárdító vázanyagok: cellulóz, kitin.**

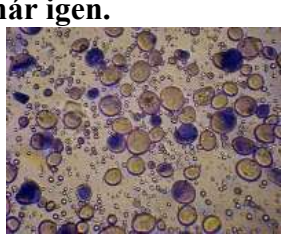
Keményítő

Hideg vízben nem, meleg vízben kolloidálisan oldódó, nem édes ízű fehér por. A növényekben keletkezik a fotoszintézis eredményeképpen, **tartalék tápanyag**. A keményítő **több száz alfa-glükóz**molekulából épül fel.

Emészthető, emésztése már a szájüregben megkezdődik, majd a vékonybélben fejeződik be, a nyál-, ill. a hasnyálamiláz enzim hatására, amely maltózra hidrolizálja.

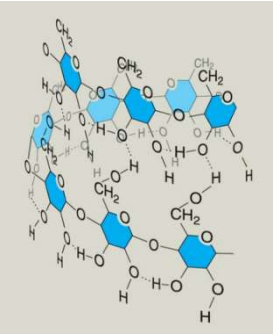
A keményítő **hidrolízis hatására glükózra esik szét.** $(C_6H_{10}O_5)_n + n\ H_2O \Rightarrow n\ C_6H_{12}O_6$

Ha a kenyeret sokat rágjuk, előbb-utóbb édes ízt fogunk érezni, mivel a liszt keményítőtartalma ugyan nem édes, de a belőle keletkezett maltóz már igen.



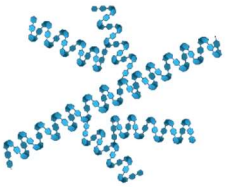
Növényi magvakban a keményítő hidrolízisét szintén az amiláz enzim végzi.

A **növényekben, a raktározó alapszövet sejtjeiben**, fajra jellemző módon **szemcsékben jelenik meg**. A szemcsék kétféle szerkezetű keményítőből állnak.



Amilóz

Az amilóz egy elágazásmentes, spirálisan feltekeredett lánc. A spirált H-kötések stabilizálják.



Amilopektin

Ágas-bogas szerkezetű.

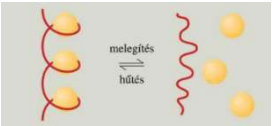
A keményítő kimutatása

- Por keményítőből melegítéssel készítsünk keményítőoldatot.
- Híg oldatba cseppentsünk 1-2 csepp **kálium-jodidos jódoldatot – Lugol-oldatot**.
- + próba esetén az **oldat megkékül**.
- Melegítés hatására elszíntelenedik, visszahűtéskor újra kék lesz.

https://drive.google.com/file/d/1TZoSfkICnmJyjfYMpoduMgbMlHSJGS0R/view?usp=sharing

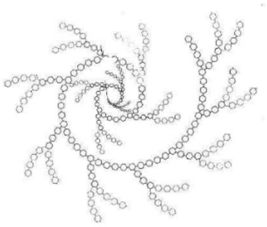
Magyarázat

Az apoláris jódmolekulák a poláris vízben barna színűek. A jódmolekulák mérete olyan, hogy pont beleférnek az amilóz spiráljába, onnan kiszorítva a vízmolekulákat, apoláris közeget hozva létre. Az apoláris közegben a jód színe kékre változik.



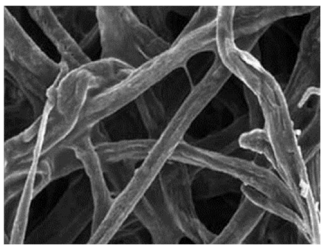
Melegítés hatására a hőmozgás miatt a jódmolekulák kibújnak a spirálból a kék szín elhalványodása kíséretében. Hűtéskor a folyamat ellenkező irányú.

Glikogén



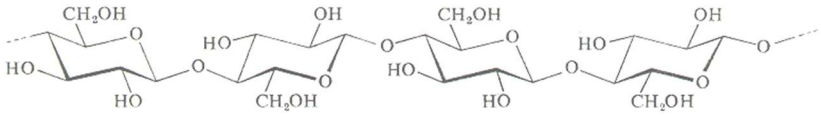
Heterotróf szervezetek - állatok, gombák - **tartalék szénhidrátja**. **Állati szervezetekben elsősorban a májban és az izomban raktározódik. Alfa-glükózokból felépülő,** többszörösen elágazó, ágas-bogas szerkezetű. Nem édes ízű, vízben rosszul oldódik. Emészthető, szintén amiláz hatására hidrolizál maltózzá.

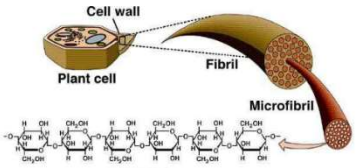
Cellulóz



A biomassza tömegének kb. a felét a cellulóz adja! A **növényi sejtfal szilárdító anyaga**.

Óriásmolekula, **sok ezer béta-glükóz**molekulából áll. A cellulózban a **glükózmolekulák** egy **elágazásmentes** polimert hoznak létre. A **glükózgyűrűk** egymáshoz képest felváltva **180 fokot elfordulnak.** A cellulózmolekula **egyenes, szálas szerkezetű**.

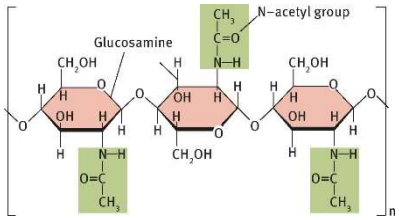




Rendkívül stabil, vízben nem oldódik, ami lehetővé teszi biológiai feladatának - **szilárdítás** - ellátását. Rostos szerkezetű, a láncok egymással párhuzamosan rendeződnek, a **glükózmolekulák OH-csoportjai között H-kötések vannak, a láncon belül és a láncok között egyaránt**.

A cellulózt a legtöbb élőlény **nem képes bontani, így nem emészthető**. A cellulózt bontó enzim a **celluláz,** amely csak **baktériumokban, gombákban, ill. egyes egysejtűekben** fordul elő. **Hidrolízisekor végső soron glükóz keletkezik.**

Kitin



N-tartalmú poliszacharid. Ízeltlábúak kutikulájának, gombák sejtfalának szilárdító vázanyaga. Rendkívül ellenálló, vízben nem oldódik, nem emészthető.

Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

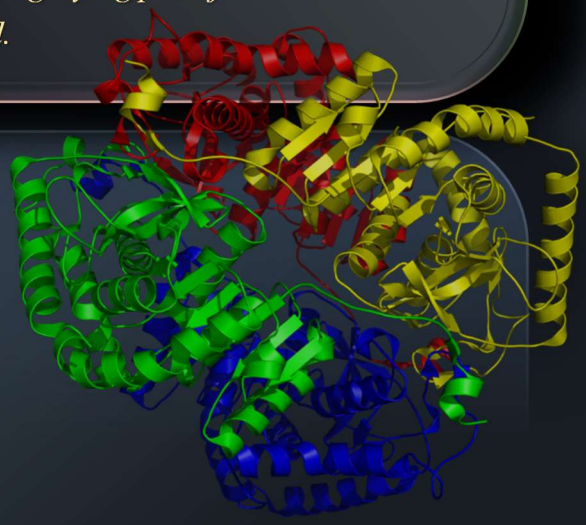
2.1.5. Fehérjék

Kulcsfogalmak

- Aminosav, peptidkötés, fehérjeszerkezet, esszenciális aminosav, glutén, kazein, albumin, kollagén, keratin, kicsapódás,
- fehérjék szerkezeti szintjei, aminosav oldalláncok, denaturáció, koaguláció, stresszfehérjék.

Gondolkodási művelet

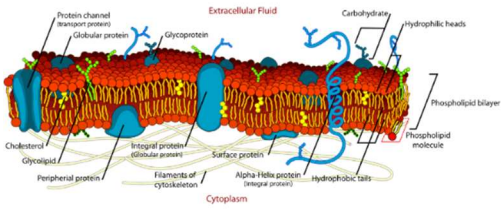
- Ismertesse a (egyszerű) fehérjék monomerjeit (aminosavak), a monomerek közötti jellemző kötéstípust (peptidkötés), magyarázza az elsődleges szerkezet fontosságát (térbeli szerkezet, funkció meghatározása).
- Soroljon fel példákat (a mindennapi életből) a fehérjék szerkezetének megváltozására (tojás- és hússütés).
- Ismertesse a fehérjék biológiai szerepét (enzimek, összhúzékony fehérje-rendszerek – aktin és miozin –, vázanyagok, receptorok, szállítófehérjék, tartalék tápanyagok, antitestek, jelölő fehérjék, véralvadás, szabályozó fehérjék). Mondjon példát ezek előfordulására.
- Magyarázza, miért elengedhetetlen alkotói étrendünknek az esszenciális aminosavak.
- *Végezze el és magyarázza a fehérjék kicsapódását bemutató kísérleteket (hő, sav, könnyűfémsók, nehézfémsók, alkohol, mechanikai hatás).*
- Ismertesse és ismerje fel az aminosavak általános (konstitúciós) képletét, a peptidkötések és az oldalláncok kölcsönhatásainak típusait és magyarázza ezek szerepét a fehérjék térszerkezetének kialakulásában. Ismertesse a stresszfehérjék biológiai szerepét.
- Magyarázza a fehérjék szerkezeti szintjeit (az egyes szintek alatt értett szerkezeti jellemző, a szintenkénti információtartalom, az adott szerkezeti szintet stabilizáló kötések, valamint az egyes szintekhez tartozó gyakori változatok).
- Ismerje fel a peptidkötést, ismertesse kialakulását és a fehérjék térszerkezetében betöltött szerepét.
- *Értelmezzen szöveges leírás alapján a fehérjék szerkezetének megváltozásával kapcsolatos tulajdonságváltozásokat a prionok, a sarlósejtes vérszegénység példáján.*
- *Magyarázza a fehérjék kimutatását biuret-reakcióval.*

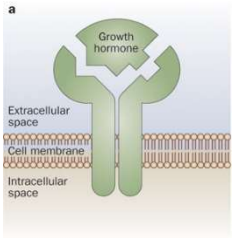


2.1.5. Fehérjék

A fehérjék - proteinek - az élő szervezetek számára a **legfontosabb** vegyületek. Az élet bármilyen megnyilvánulási formája fehérjékkel kapcsolatos. A sejtek szárazanyagának minimum 50 %-át adják. Csoportosításuk **biológiai feladataik** alapján történik, lehetnek:

- **vázanyagok, szerkezeti fehérjék**: tartó, szilárdító feladatokat látnak el, pl. a legtöbb állati kötőszövetben, a csontban a **kollagén**, **keratin** az elszarusodott hámokban, hajban, tollban, hüllők pikkelyeiben (lásd hámszövetek).
- **összehúzékony fehérjék**: ilyen az **aktin, miozin**, pl. az izmokban, (lásd izomszövetek)
- **transzportfehérjék**: szállító feladatokat látnak el, pl. a **hemoglobin** oxigént szállít, ill. a vérben a globulinok zsírokat, vasat, hormonokat szállítanak, (lásd vér)
- **védőfehérjék, immunfehérjék (antitestek)**: fertőzésekkel szembeni védekezésben közreműködnek, pl. az **immunoglobulinok a vérben**, (lásd vér, immunitás),
- **véralvadásban közreműködő fehérjék**, pl. trombin, fibrin stb. (lásd vér),
- **szabályozó fehérjék, mint pl. a hormonok**: **kémiai jelek**, szervek, szövetek működését befolyásolják, pl. **inzulin**, (lásd hormonrendszer),
- **receptorok** a **sejtek felszínén**, melyek különféle **anyagokat** – pl. hormonokat - **képesek megkötni**, (lásd biológiai membránok),

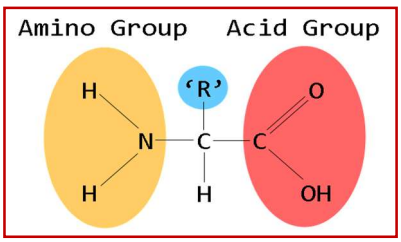




- **jelölőfehérjék (markerek)** a **sejtek felszínén** elhelyezkedő **egyed-, szövet-, ill. fajspecifikus molekulák** (MHC), melyeknek a **sejtfelismerésben** (saját-idegen), így az **immunrendszer működésében** van alapvető szerepük, (lásd vér, immunrendszer),
- **tartaléktápanyagok** egyes **növényi magvakban**, termésekben, pl. gabonafélék szemtermésében ilyen az aleuron,
- **enzimek**: **biokatalizátorok**, a sejtekben zajló **kémiai folyamatok aktiválási energiáját csökkentik**, aminek következtében az **átalakulások reakciósebessége megnő**. Az emberi szervezet működési körülményei között, katalizátorok nélkül az életfolyamatok végtelen lassú sebességgel zajlanának (lásd 1.2. fejezet).

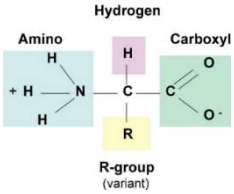
Az aminosavak

A fehérjék makromolekulák, **monomerjeiket aminosavaknak** nevezzük. Kémiailag **amino-karbonsavak**, azaz a molekulában két eltérő jellegű **funkciós csoport** is megtalálható:



- **bázisos aminocsoport,**
- **savas karboxilcsoport**.

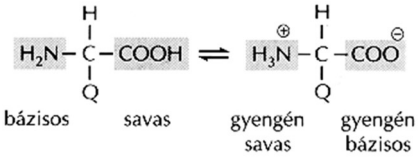
Minden aminosav egy azonos, és egy eltérő molekularészletből áll:



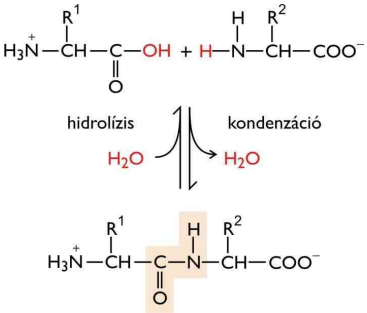
- az **azonos rész tartalmazza az amino-, és a karboxilcsoportokat**,
- az **eltérő rész** az ún. **oldallánc**, amely **szerkezetileg 20 (21) féle** lehet.

Az aminosavak egy részét a szervezet nem, vagy csak elégtelen mennyiségben képes előállítani, ezeket esszenciális aminosavaknak nevezzük, melyeket a **táplálékkal kell felvenni**. Emberben 9 ilyen aminosav ismert, mint pl. a fenilalanin, lizin, metionin, valin stb.

Amfoter vegyületek, azaz savként és bázisként egyaránt viselkedhetnek a reakciópartnertől függően, azonban sav-bázis sajátságaikat az oldallánc kémiai természete is befolyásolja.



Biológiai szempontból legfontosabb reakciójuk a **kondenzáció**, melynek során az **egyik aminosav aminocsoportja, és a másik aminosav karboxilcsoportja között vízkilépéssel, ún. peptidkötés jön létre** (amidcsoport). A reakció eredményeként a két aminosavat egy **amidcsoport** köti össze.



Peptidek

Az aminosavak összekapcsolódásával ún. **peptidek** jönnek létre. A **polipeptidek** néhány 100 aminosavból álló elágazásmentes molekulák.

A polipeptidlánc aminosavsorrendjét szekvenciának nevezzük.

Szekvencia

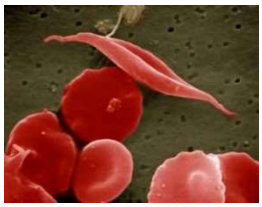
Általában a makromolekulák monomerjei – így pl. az aminosavak - viszonylag egyszerű felépítésűek és minden élőlényben azonosak az élővilágban. **A fajokra jellemző egyediséget, különbséget a fehérje (és nukleinsav) monomerek sorrendje határozza meg**.

Másképpen fogalmazva, a természetben a fajok tekintetében tapasztalható **óriási változatosságot nem a monomerek sokféleségében kell keresnünk, hanem a nukleinsav és fehérje monomerek összekapcsolódásának változatosságában, sorrendjében**. Ebben az esetben tehát a **monomerek kapcsolódási sorrendjének információt meghatározó jelentősége van, amely információ a fajok egyediségének meghatározója.** Számszerűen, pl. a fehérjéket 20 féle monomer – aminosav – építheti fel, a véletlenszerű összekapcsolódásuknak megfelelően

- 2 aminosav kétféleképpen kapcsolódhat egymáshoz, attól függően, hogy melyik helyezkedik el az N-terminálison (NH_2-csoport végén).
- 3 aminosavat már 6 féle sorrendben kapcsolhatunk össze.
- 100 db - 20 féle - aminosavból már 20^{100} féle polipeptid alkotható.

Ez a hatalmas variációszám hatalmas mennyiségű információt hordozhat**. További** változatosságot **eredményez, hogy a különböző makromolekulák eltérő méretűek, mérettartományuknak elvi felső határa nincs, ami azt jelenti például, hogy elvileg végtelen számú fehérjemolekula-féleséget tudunk elképzelni.**

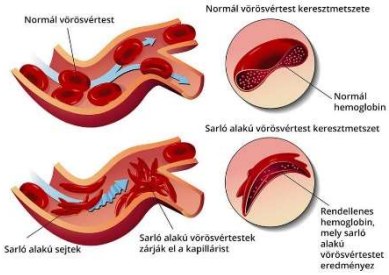
Az élővilág összes faja azonos alkotóelemekből, azonos elvek alapján hoz létre fajra jellemző makromolekulákat. A **monomerek sorrendje információt hordoz, az egyes elemek kicserélése megváltoztatja az információ jelentését.**



A **szekvencia döntően meghatározza a fehérjék tulajdonságait, ezért az aminosavsorrendet a fehérjék elsődleges szerkezetének nevezzük**.

Akár egyetlen aminosav helyének megváltoztatása az egész fehérje működésére hatással lehet.

Sarlósejtes vérszegénység



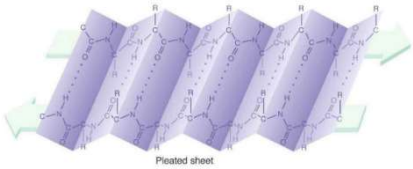
A szekvencia jelentőségét jól tükrözi a sarlósejtes vérszegénység. A rendellenesség nevét onnan kapta, hogy a betegek vérében lévő - az egyébként korong alakú – **vörösvértestek sarló formájúak**. A hibás vörösvértestek **vérrögöket** képezve kiszelektálódnak, aminek következtében **csökken a vörösvértestszám** (vérszegénység).

A betegség oka az, hogy a vörösvértesteket kitöltő hemoglobin egyik polipeptidláncában – egy pontmutáció miatt - az egyik aminosav kicserélődik egy másikra. Ennek következtében a hemoglobin oldékonysága megszűnik, kikristályosodik, megváltozik a sejt alakja és oxigénszállítása jelentősen romlik. Genetikai eredetű betegség.

A polipeptidek térszerkezete

A természetben a polipeptidláncnak csak két szabályos stabil formája létezik:

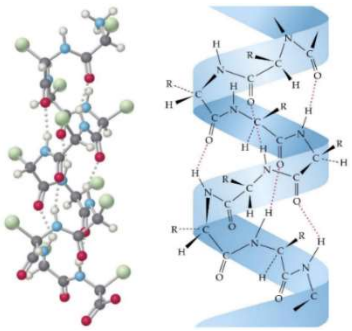
- **a béta-szalag,**
- **és az alfa-hélix.**



Béta-szalag (redő)

A béta-szerkezetben a polipeptidláncok – amidcsoportok - összetolt háztetőkhöz hasonló felületet hoznak létre. A szerkezet azáltal stabilizálódik, hogy a **láncok párhuzamosan egymás mellé rendeződnek** és **a peptid-kötések között H-kötés alakul ki.**

Alfa-hélix



Az alfa-hélixben a **polipeptidlánc csavarvonalszerűen tekeredik.** A **spirál szerkezetét a láncon belül a peptid-kötések között kialakuló H-kötések stabilizálják**.

A polipeptidlánc térszerkezetét - alfa-hélix vagy béta-redő - a fehérjék másodlagos szerkezetének nevezzük.

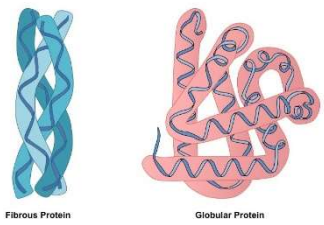
A másodlagos szerkezetet alapvetően az aminosavak minősége és sorrendje határozza meg.

Fibrilláris fehérjék

Azokat a fehérjéket, amelyek **végig azonos másodlagos szerkezettel jellemezhetők** - végig alfa-hélix vagy béta-szalag -, **fibrilláris fehérjéknek** nevezzük.

A fibrilláris fehérjék hosszú, elnyúlt, szálas szerkezetűek, igen stabilak, vízben nem oldódnak.

Általában a szerkezeti fehérjék ilyenek pl.: a **keratin, a haj fehérjéje, a kollagén, a miozin, és a fibrin stb.**

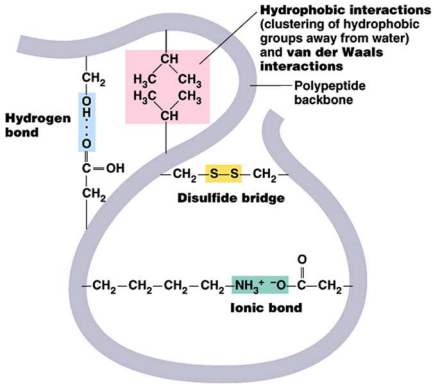


A globuláris fehérjék

A globuláris fehérjékben a **polipeptidlánc térszerkezete szakaszonként váltakozik**, ezért a **molekula egésze gömb alakú**. A **globuláris fehérjék szerkezetét, az ún. harmadlagos szerkezetet** a **polipeptidlánc további térbeli elrendeződése határozza meg**.

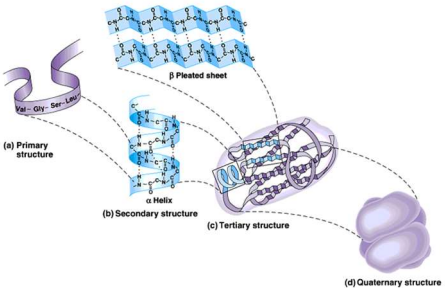
A **harmadlagos szerkezet stabilitását** a **molekulán belül** az egyes **oldalláncok közötti** különféle **kötések biztosítják**:

- **hidrogén-kötés,**
- **van der Waals kötés,**
- **ionos kötés,**
- **kovalens kötés,** pl. ilyen a **diszulfid-híd**.



Az egyes másodlagos szerkezettel rendelkező szakaszok egymáshoz viszonyított térbeli helyzete, tehát a harmadlagos szerkezettel jellemezhető.

A **globuláris fehérjék jól oldódnak vízben**, **kolloid állapotot** hozva létre. Ez annak köszönhető, hogy a **poláris, hidrofil oldalláncok a gombolyag felületén, míg az apoláris hidrofób oldalláncok a molekula belsejében helyezkednek el.** A felszínen levő **hidrofil aminosavrészek** jól **hidratálódnak**, az **apoláris részek egy hidrofób belső magot hoznak létre**. A belső hidrofób mag, ill. a külső hidrátburok nagymértékben hozzájárul a fehérjék stabilitásához.



Ugyanakkor fontos tény, hogy a **fehérjék térszerkezete rendkívül bonyolult**, ebből következően igen **érzékenyen válaszolnak térszerkezetük megváltozásával a környezet hatásaira.**

A fehérjék harmadlagos szerkezetét befolyásoló környezeti tényezők:

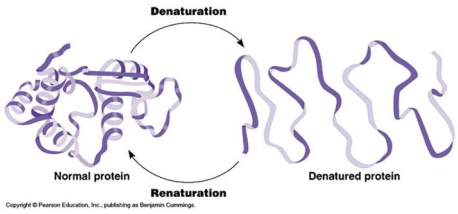
- **A hőmérséklet,**
- a közeg hidrogénion koncentrációja (pH),
- **a nehézfémsók,**
- **mechanikai hatások,**
- **könnyűfémsók.**

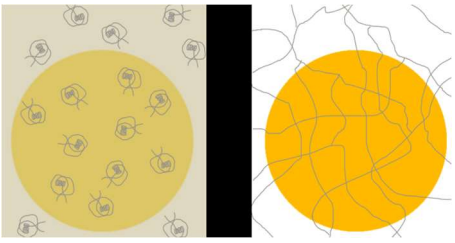
A **hőmérséklet emelésekor** a molekularészek hőmozgása egyre intenzívebb lesz, aminek következtében az **oldalláncok közötti stabilizáló kötések felszakadnak**.

A változás hatására a molekula elveszti jellegzetes térszerkezetét, **letekeredik**, **denaturálódik.** A **letekeredett láncok** összeakadva **térhálót alkotnak**, melynek hézagaiban vízmolekulák helyezkednek el. A **rendszer oldott kolloid állapota megszűnik**, a fehérjék **kicsapódnak,**

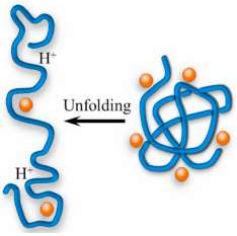
koagulálnak. A folyamat visszafordíthatatlan, **irreverzibilis**. (Kisméretű peptidek esetén lehet reverzibilis.)

Irreverzibilis denaturáció zajlik le tojás főzéskor, hús sütésekor is, minek hatására a molekulák véglegesen elvesztik harmadlagos szerkezetüket, biológiai aktivitásuk megszűnik.





Az **élő sejtek pH-ja 7.4 körül** van, a sejtekben a fehérjék működése, szerkezete ekkor optimális. Amennyiben **változik a pH** - azaz megváltozik a H^+-ion koncentráció -, a bevitt ionok hatására **megváltoznak a fehérjemolekulák töltésviszonyai**. Az aminosav oldalláncok töltésének megváltozásakor a molekulát stabilizáló kötések felszakadnak, a molekulagombolyag letekeredik, a fehérje **irreverzibilisen denaturálódik**.

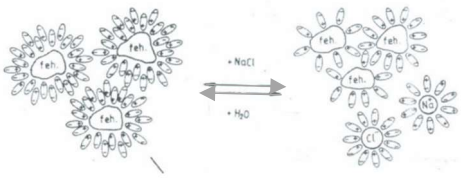


A **nehézfémsók** - pl. **Pb, Hg**, -, hatására a fehérjék szintén **irreverzibilisen denaturálódnak**. A nehézfémionok hozzákapcsolódnak a polipeptidlánchoz, felszakítják a láncot stabilizáló kötéseket.

Ugyancsak **denaturálódást eredményezhet** a fehérjeoldatok **erős mechanikai igénybevétele,** pl. ultrahanggal való kezelése, erős rázása.

A **könnyűfémsók** koncentrációjának emelésekor az oldatba kerülő **ionok hidratálódnak** és nagy koncentrációjuk esetén saját hidrátburkuk kialakításához a **vízmolekulákat a fehérjék hidrátburkából vonják el**. A fehérjemolekulák, mivel **hidrátburkukat elvesztik, összecsapódnak, azaz koagulálnak** (denaturáció nem történik).

Kiválva az oldatból **megszűnik a kolloid állapotuk**. A folyamat **reverzibilis,** azaz megfordítható mivel, ha a kicsapódott fehérjékhez feleslegben vizet adunk, a molekulák hidrátburka helyreáll, ismét kolloid állapotba kerülnek.



A folyamatot **kisózásnak** is nevezzük, amely pl. **NaCl** vagy **$(NH_4)_2SO_4$** hatására következhet be.

Az **alkohol** hasonló hatást gyakorol a fehérjék szerkezetére.

Fehérjék kicsapódása - kísérlet

Három kémcsőbe öntsünk 2–2 cm^3 tojásfehérje-oldatot!

- Egyikhez adjunk **réz-szulfát-kristályt** (Cu^{2+} nehézfémion)!
- A másikat enyhén **melegítsük**!
- A harmadikhoz adjunk tömény **salétromsavoldatot**!

A kicsapódás eredményeképpen a fehérjeoldatban pelyhes csapadék jelent meg.

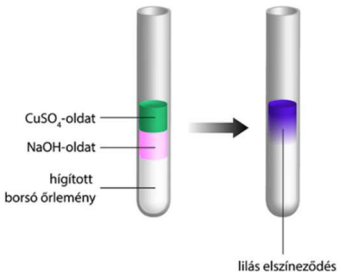
Vizsgálatok fehérjékkel

https://drive.google.com/file/d/1-LvBkX6ZpvsLlI-4G7uo4H5VlRhBo4B3/view?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/1l6oSV_sy2ZtJrcwj_8sBxg85lCn6XruD/view?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/1-rH-cchHG1IiyyNkzVylzYEzL4F-bnEu/view?usp=sharing

A fehérjék kimutatása: Biuret-próba



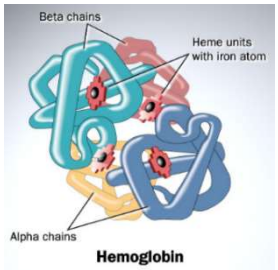
A Biuret-próbával a fehérjékben jelenlévő amidcsoportot lehet kimutatni. Pozitív próba esetén ibolyaszíneződést tapasztalunk, mivel a reagensben található rézionok komplexet képeznek az amidcsoporttal.

Egy kevés fehérjeoldathoz adjunk néhány csepp 40%-os nátrium-hidroxid-oldatot, majd 1-2 csepp réz II-szulfát reagenst.

https://drive.google.com/file/d/1FeMFJxsNbFNSiFUHMECStgkHkSBipG8G/view?usp=sharing

Negyedleges szerkezet

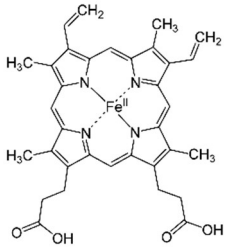
Ismertek olyan fehérjék, amelyek nem egy, **hanem több polipeptidláncból épülnek fel.** A fehérjét felépítő egyes polipeptidláncokat **alegységnek** nevezzük. Az **alegységek egymáshoz viszonyított térbeli helyzetét a negyedleges szerkezettel jellemezzük.**



Ilyen fehérje pl. a **hemoglobin**. A hemoglobin négy alegysége egy tetraéder 4 csúcsának megfelelően helyezkedik el, melyeket másodrendű kötések tartanak egyben.

A fehérjék **csoportosítása** **összetételük** szerint is történhet.

1. **Proteidek** vagy **összetett fehérjék** valamilyen **nem fehérjetermészetű, ún. prosztetikus csoportot is tartalmaznak.** A **prosztetikus csoport erősen kötődik a polipeptidlánchoz**, eltávolítása a fehérje térszerkezetének megváltozását eredményezi, ami a biológiai funkció megszűnését jelenti. Ilyen összetett fehérje pl. a hem-et tartalmazó hemoglobin (a hem 4 pirrolgyűrűből felépülő vas-porfirin komplex).



2. **Proteinek vagy egyszerű fehérjék. Csak aminosavakból állnak:**
   - albuminok a vérben,
   - kollagén,
   - inzulin stb.

Stresszfehérjék, dajkafehérjék

Forrás: Csermely Péter

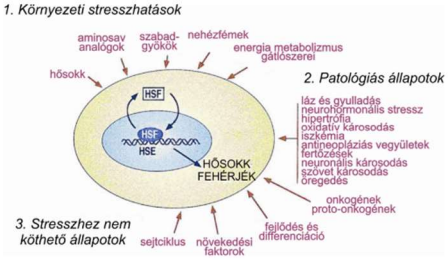
A stresszfehérjék legfontosabb szerepe, a hibás, nem megfelelő harmadlagos szerkezettel rendelkező fehérjék helyretekerése. A stresszfehérjék sejtjeink igen nagy mennyiségben jelen lévő, létfontosságú alkotóelemei. A stresszfehérjék segítsége nélkülözhetetlen abban, hogy a **hibás szerkezetű fehérjék megtalálhassák a rájuk jellemző, helyes szerkezetet.**

A stresszfehérjék szerepe kettős:

- a **stresszhatásoknak** kitett, **károsodott fehérjék szerkezetének helyreállítása (stresszfehérjék),**
- a hosszabb **polipeptidláncok** megfelelő **harmadlagos szerkezetének kialakítása (dajkafehérjék).**

1. Ha a **sejtet** környezeti **stressz éri,** a sejtben lévő **fehérjék károsodnak, kitekerednek**. E fehérjéknek az újratekeredéshez éppen úgy a dajkafehérjék segítségre van szükségük, mint születésük pillanatában. Innen a stresszfehérje elnevezés.

   Környezeti stressz szinte bármilyen változás lehet:
   - lényegesen melegebb, vagy hidegebb;
   - a környezet lényegesen savasabb, vagy lúgosabb;
   - túl kevés az oxigén, vagy túl sok;
   - vízhiány.



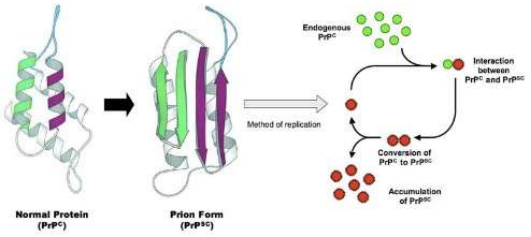
2. A kisméretű fehérjék betekeredése kedvező körülmények között másodpercek alatt végbemegy. A nagyob**b fehérjék nehezen találják meg a rájuk jellemző megfelelő harmadlagos szerkezetet**, igen gyakran tekeredési csapdák áldozatai lesznek. Ebben az esetben a félkész fehérje egy átmeneti állapotban stabilizálódik, a **hidrofób aminosavak a fehérje felszínén maradnak**. A **hidrofób felszínek** az ilyen **félkész fehérjéket** egymással való **összetapadásra**, aggregációra **teszik hajlamossá**. A fehérjeaggregátumok felszaporodása a legtöbb neurodegeneratív betegség, pl. az **Alzheimer-kór**, a **Parkinson-kór**, a **prionbetegségek** egyik fontos oka.

   A stresszfehérjéket a többi fehérjét terelgető, szerkezetük kialakításában segítő hatásuk miatt **dajkafehérjéknek** is nevezik.

Amennyiben megváltozik egy fehérjének a térszerkezete, vagy elveszti funkcióját, vagy **átalakul egy egészen más szerepű molekulává**. Ez utóbbira példa a **prionok** kialakulása. A prionok olyan fertőző képződmények, melyek nukleinsavat nem, csupán **fehérjét** tartalmaznak. A prionok a normálisan is meglevő sejtes fehérjék – celluláris prionok – szerkezeti módosulásai. A prionok aminosavsorrendje nem, de a **másodlagos szerkezete eltér a normálisan is meglevő sejtes fehérjétől**. Felhalmozódva a hidrofób felszínű fehérjék, összecsapódva oldhatatlan rögöket képeznek és az **idegsejtek elhalását okozzák**. A sejtes prionok

- általában idegsejtek felszínén találhatók,
- vízoldékonyak,
- és érzékenyek lebontó enzimekkel szemben.

A kóros prionok ezzel szemben bontó enzimekkel szemben nem érzékenyek, vízben nem oldódnak.



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

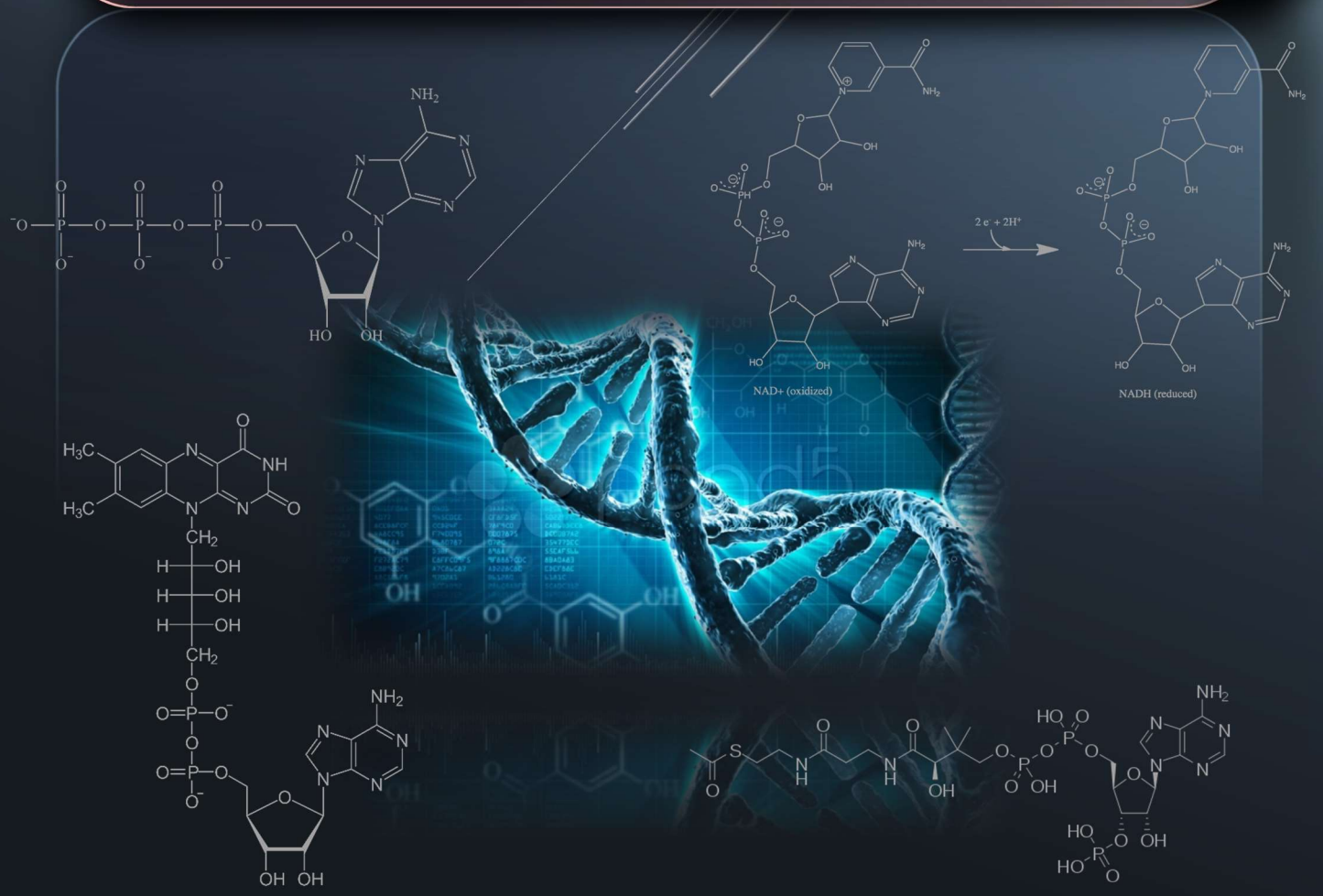
2.1.6. Nukleinsavak, nukleotidok

Kulcsfogalmak

- Nukleotid, bázis (A,T,G,C,U), ATP, RNS, DNS,
- purinváz, pirimidinváz, észterkötés, NAD^+, $NADP^+$, koenzim-A, örökítő szerep bizonyítása, PCR, DNS polimeráz.

Gondolkodási művelet

- Ismerje fel rajzolt ábrán a nukleotidok és a nukleinsavak általános, cukor-bázis-foszfát egységekből felépülő molekulavázát. Indokolja az ATP biológiai jelentőségét.
- Magyarázza, hogyan rejlik a DNS szerkezetében az információhordozó és az információátadó szerep.
- Magyarázza ábra alapján a DNS duplikáció folyamatát.
- Indokolja a NAD^+, $NADP^+$, KoA biológiai jelentőségét.
- *Elemezzen kísérleteket a DNS örökítő szerepének bizonyításával kapcsolatban (Griffith és Avery, Hershey és Chase kísérlete).*
- *Kapcsolja össze a DNS duplikáció folyamatát a polimeráz láncreakció (PCR) technológiai módszerrel, magyarázza a módszer lényegét, értelmezze e módszer szerepét az orvosi diagnosztikában.*



2.1.6. Nukleinsavak, nukleotidok

A nukleinsavakat először a **sejtek magjából** sikerült tiszta állapotban kivonni. Innen a név: nucleus = mag (lat.), a sav a kémhatásukra utal. Azonban nukleinsavak nemcsak a sejtmagban vannak, hanem pl. **citoplazmában**, **színtestekben**, **mitokondriumokban** is. A sejtek **információtároló és szállító molekulái**.

A nukleinsavakat szerkezet és funkció szempontjából két csoportba oszthatjuk:

- **DNS,** mely eukariótákban főleg a **sejtmagban** és egyes sejtszervecskékben, mint pl. **mitokondriumokban**, **színtestekben** található,
- **RNS**-ek, melyek főleg a **citoplazmában**, ill. a **fenti sejtszervecskékben** fordulnak elő.

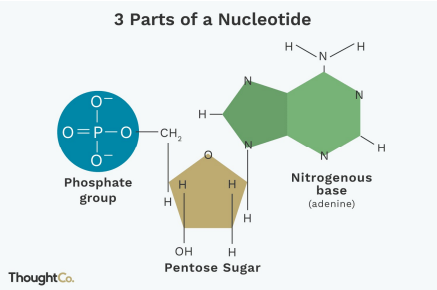
A nukleinsavak **polimer vegyületek, makromolekulák,** s mint ilyenek, **monomerekből** épülnek fel, melyeket **nukleotidoknak** nevezünk.

Nukleotidok

A nukleotidok **funkciója** többrétű:

- a biológiai információtároló és átadó rendszert alkotó **nukleinsavak építőkövei, monomerjei,**
- az **energiatárolás** és **átalakítás** **központi vegyületei, pl. ATP, GTP,**
- **enzimek koenzimjeinek alkotórészei, pl. NAD, NADP, KoA, amelyek különböző csoportok szállítását végzik**.

A **koenzimek** az **enzimekhez lazán kapcsolódó szállítómolekulák**. Ezek felépítésében gyakoriak a **vitaminjellegű csoportok**, ezért a **vitaminhiány gátolja a koenzimek felépülését**, ezen keresztül egyes biokémiai folyamatok lejátszódását.

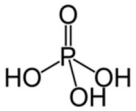


A nukleotidok molekulái **savval főzve hidrolizálnak**, s a hidrolizátum:

- **foszforsavat,**
- **pentózt,** azaz öt szénatomos cukrot,
- **N-tartalmú szerves bázisokat** tartalmaz.

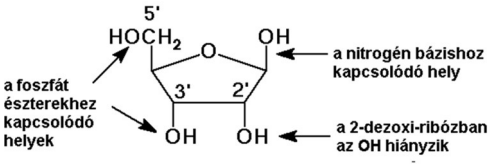
A **foszforsav**

Minden nukleotidban, ill. mind a DNS-ben, mind az RNS-ben **megtalálható**.



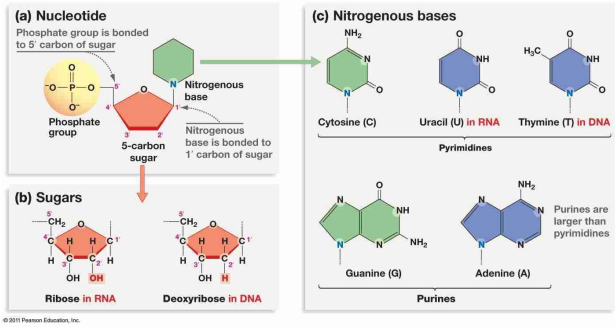
A **pentóz** lehet:

- **ribóz**, amely mono- és dinukleotidokban, ill. az RNS-ben található meg,
- **dezoxiribóz**, amely a DNS-ben fordul elő.



A **N-tartalmú szerves bázisok** lehetnek:

	DNS-ben	RNS-ben
A	**adenin**	**adenin**
G	**guanin**	**guanin**
C	**citozin**	**citozin**
T	**timin**	**U uracil**



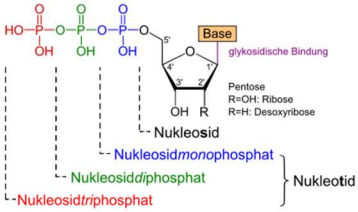
Tehát az **RNS-ben timin helyett uracil van**.

Az **A**, és a **G purin**, míg a **C, T, U pirimidin vázas vegyületek**.

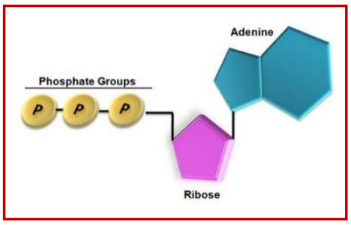
Ezekből a vegyületekből **kondenzációval** jönnek létre a **nukleotidok.**

Ha a nukleotidban

- egy foszfátcsoport van: **mono-**,
- ha kettő: **di-**,
- ha három: **trifoszfátokról** beszélünk.



A foszfátcsoportok között **nagy energiájú – makroerg - kötés** van. Nagy energiájúak azok a kötések, amelyek **hidrolízisekor** több, mint **25 KJ/mol** energia szabadul fel. Ezeknek a kötéseknek az **energiatárolásban** van kiemelkedő szerepük.

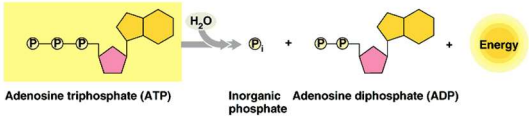


Fontosabb mono-, ill. dinukleotidok

ATP (adenozin-trifoszfát)

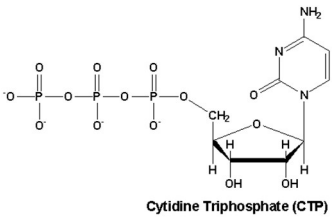
Az **ATP a sejtek legfontosabb energiaraktározó vegyülete.** Gamma-foszfátjának **hidrolízisekor 30 KJ** energia szabadul fel **mólonként**.

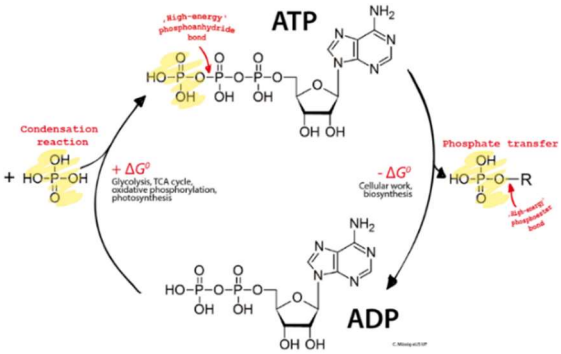
ATP = ADP + P Q = 30 KJ/mol



- A **lebontó anyagcsere** során **felszabaduló energia egy része – 40 %-a - ATP szintézisére fordítódik** és így ATP formájában tárolódik.
- A **felépítő folyamatokhoz szükséges energia viszont az ATP hidrolízisekor felszabaduló energiából származik**.

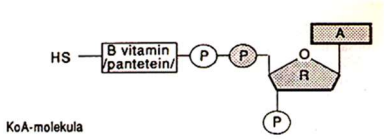
Kevésbé jelentősek, de ismertek még **GTP**, UTP, TTP, CTP energiatároló vegyületek is.

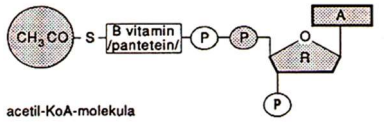




Koenzim – A (KoA)

Szállítómolekula, amely az anyagcserében központi szerepet játszó **acetilcsoport** - CH_3CO - szállítását végzi. A molekulában szereplő pantoténsav B_5-vitamin-származék.

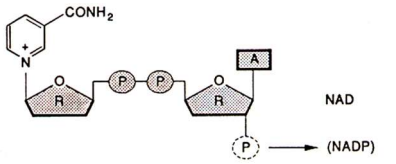




NAD^+ és $NADP^+$ (nikotinsavamid-adenin-dinukleotid (foszfát))

Az anyagcserében fontos H-szállító vegyületek.

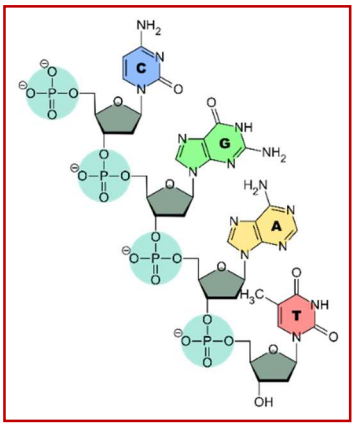
- A **NAD^+ a lebontó**,
- a **$NADP^+$ a felépítő folyamatokban** játszik szerepet többnyire.



A hidrogén szállításakor 2 elektront és 1 protont vesznek fel, a másik proton az oldatban marad.

$NAD^+ + 2H = NADH + H^+$

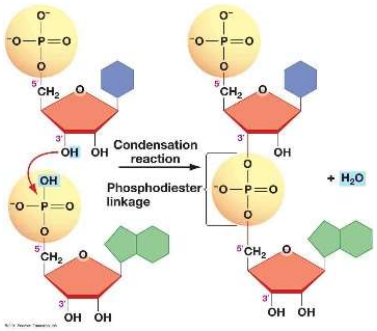
Nukleinsavak



A **nukleinsavak** nukleotid egységekből felépülő polinukleotidok, többnyire **makromolekulák**, melyekben akár több millió nukleotid is összekapcsolódhat. Az **egyes nukleotidokat a foszfátcsoportok kapcsolják össze**, úgy, hogy hidat képeznek két pentóz 3. és 5. C-atomja között, **foszfodiészter-kötést hozva létre**.

Tehát a polinukleotid-lánc gerincét az egymást követő …foszfát-cukor-foszfát-cukor … váz alkotja, s a bázisok a vázhoz a pentózon keresztül kapcsolódnak.

A **nukleotidok kondenzációval kapcsolódnak össze és a polinukleotid-lánc hidrolízissel bomlik nukleotidokra**.

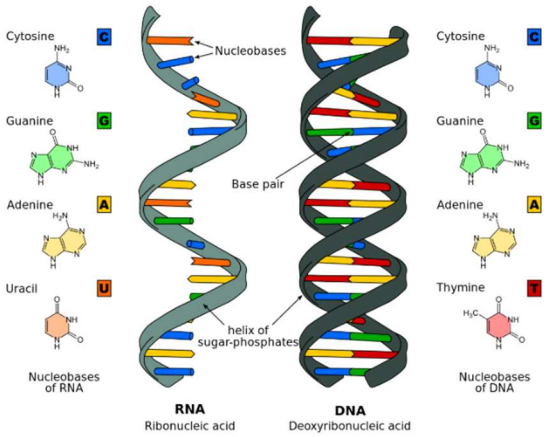


A polinukleotid-lánc **elsődleges szerkezete a nukleotidok kapcsolódási sorrendje**, melyet **szekvenciának** nevezünk.

A polinukleotidoknak a felépítésükben résztvevő pentóztól és bázisoktól függően két nagyobb csoportjuk van:

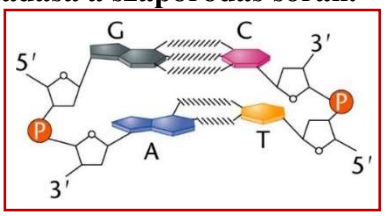
- a **DNS**-ek és
- az **RNS**-ek.

A DNS és az RNS összehasonlítása			
	Felépítés	**DNS**	**RNS**
1.	**A molekula**	**kétszálú, jobbmenetes hélix**	**egyszálú, egyenes vagy hurkokat képez**
2.	**Pentóz**	**dezoxiribóz**	**ribóz**
3.	**Bázisok**	**A, G, C, T**	**A, G, C, U**
4.	**Komplementer bázisok**	**mindig A = T G ≡ C**	**helyenként (a hurkokban) A = U G ≡ C**
5.	**Purin és pirimidinbázisok aránya**	**mindig 1:1**	**nem feltétlenül 1:1**



A DNS, dezoxiribonukleinsav

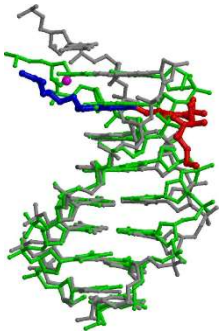
Fő tömegük a sejtmagokban koncentrálódik, de előfordulhatnak mitokondriumokban, kloroplasztiszokban, prokariótákban, vírusokban. A DNS egyetlen funkciója jelenlegi ismereteink szerint a **genetikai információ tárolása, ill. továbbadása a szaporodás során.**



A polinukleotid-lánc felépítésében

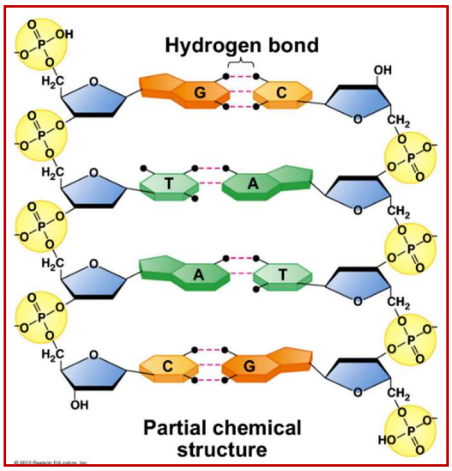
- **foszforsav,**
- **dezoxiribóz,**
- **és négyféle bázis vesz részt: A, T, G, C.**

A DNS-molekula **két egymással szemben levő és ellentétes irányba futó – antiparallel – polinukleotid láncból épül fel.** A polinukleotid-láncnak két végét különböztetjük meg: 5' és 3' vég. A polinukleotid-lánc 5' végén olyan P-csoport található, amely a pentóz 5. C atomjához kapcsolódik, míg a 3' végen a P-csoport a cukor 3. C atomjához kötődik. Az **antiparallel lefutás azt jelenti, hogy az egyik szál 5' végével szemben a másik szál 3' vége található**.



A kettős polinukleotid szál a hossztengelye körül **spirális** formában feltekeredik, s így kialakul a DNS-molekulára jellemző **kettős hélix** szerkezet. A kettős hélixnek köszönhetően a **DNS igen stabil**, kémiailag közömbös, nem reakcióképes.

A két láncot **hidrogénkötések** kapcsolják össze, amelyek a **két lánc bázisai között jönnek létre.** A H-kötések kialakulását a bázisok szerkezete és térbeli helyzete határozza meg. A bázisok a hélix belseje felé, a hossztengelyre merőlegesen helyezkednek el. Térbeli okok miatt **egy nagyobb méretű purin bázissal szemben csak egy kisebb méretű pirimidin bázis helyezkedhet el. A láncok közötti távolság állandó.**



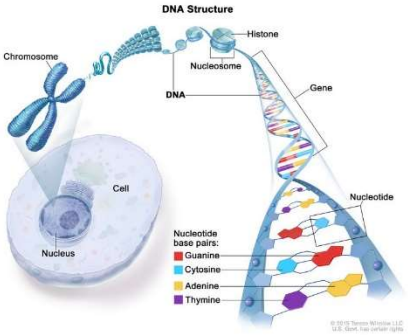
Így a következő **bázispárok** alakulhatnak ki:

- **adeninnel szemben mindig timin van,**
- **guaninnal szemben mindig citozin van**.

A **G=C bázispárok között 3, az A=T bázispárok között 2 H-kötés létesülhet**. **Tehát az egyik lánc bázissorrendje egyértelműen meghatározza a másikét is**.

Chargaff-szabályok:

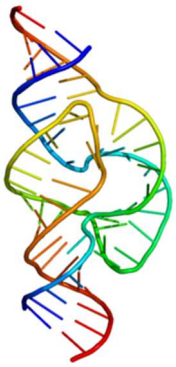
- **A = T és G = C**
- **T+C (pirimidinek) = A+G (purinok)**
- **A+T nem = G+C**



A DNS-molekula lehet:

- **nyílt láncú (lineáris), mint pl. az eukariótákban,**
- **de lehet zárt láncú (cirkuláris), mint pl. a prokariótákban.**

RNS, Ribonukleinsavak (részletesen lásd még 6.1. fejezet)



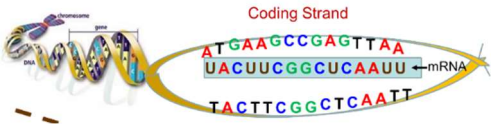
A ribonukleinsavak olyan polinukleotidok, amelyek felépítésében

- **foszforsav és**
- **ribóz mellett**
- **négyféle bázis vesz részt: A, U, G, C.**

A polinukleotid-láncra jellemző, hogy mindig **egyszálú**, legfeljebb a lánc bizonyos helyeken visszahajlik, **hurkokat képez**, s a **molekulán belül jönnek létre hidrogénkötéssel bázispárok**. Térszerkezetét a nukleotidok sorrendje határozza meg.

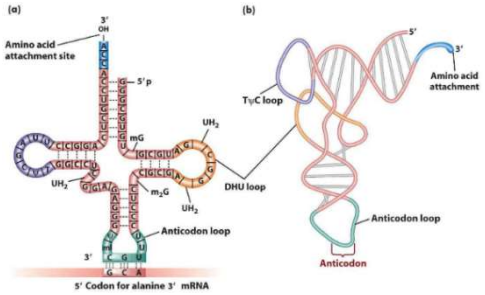
A ribonukleinsavaknak a természetben több fajtája ismert, amelyeket funkció szerint csoportosítunk:

1. Messenger RNS, mRNS



Feladata a DNS-ben, a **génekben kódolt információ pontos továbbítása** a citoplazmába, a fehérjeszintézis helyére. A **DNS-ről íródik át**.

2. Transzfer RNS, tRNS



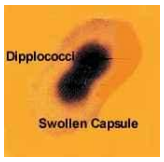
Feladata, hogy a fehérjeszintézis során egy-egy **aminosavat szállít** a fehérjeszintézis helyére, az ún. riboszómákhoz, ahol azok összekapcsolódnak polipeptidlánccá.

3. Riboszóma RNS, rRNS

A fehérjeszintézis objektumainak, a **riboszómáknak a felépítésében** vesznek részt.

A DNS örökítő szerepét bizonyító kísérletek

Az öröklődés anyagi hátterének tisztázásához – az örökítőanyag felfedezéséhez - vezető út első állomása Fred Griffith katonaorvos, bakteriológus nevéhez fűződik, aki az I. világháború után 1928-ban baktériumok okozta tüdőgyulladás elleni vakcina fejlesztésén dolgozott.



Kísérleteiben egy gömb alakú **baktérium** - Diplococcus pneumoniae - **kórokozó képességét** – patogenitását – **vizsgálta**, **amely egérben vérmérgezést, emberben tüdőgyulladást okoz**.

E baktériumnak két törzse ismert.

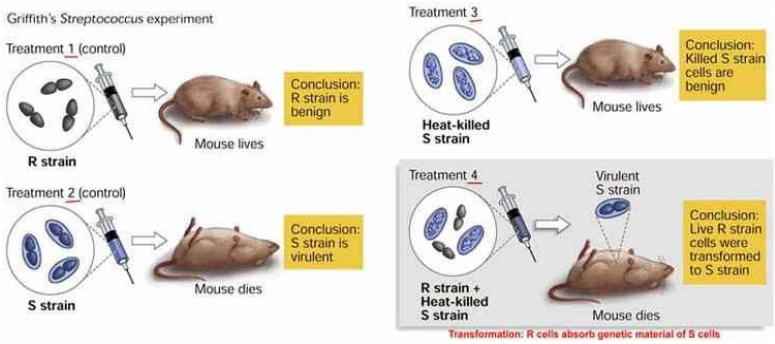
1. **Patogén** (sima felszínű, S-törzs), amelynek **egyedei** az immunrendszernek ellenálló **poliszacharid tokot fejlesztenek** maguk köré. A **tokképzés örökletes**, azaz az utódok is tokosak lesznek.

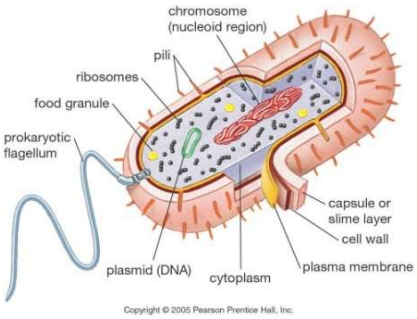
2. **Nem patogén** (ráncos felületű, R-törzs), amelyek **nem képeznek tokot**, s emiatt a sejteket az immunrendszer meg tudja semmisíteni. Ez is természetesen **örökletes tulajdonság**.

Griffith azt vizsgálta, hogy ezek a tulajdonságok vajon megváltoztathatatlan tulajdonságai ezeknek a törzseknek, vagy esetleg a két törzs egymásba átalakulhat.

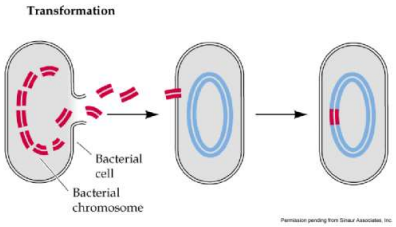
Griffith a **baktériumokat egerekbe oltotta**, majd a következő eredményeket kapta:

1. Egér + élő tok nélküli baktérium = az egerek nem pusztultak el.
2. Egér + élő tokos baktérium = az egerek 1-2 napon belül elpusztultak.
3. Egér + hővel elölt tokos baktérium = az egerek nem pusztultak el.
4. **Egér + hővel elölt tokos + élő tok nélküli baktérium = néhány egér elpusztult!**





Az **elpusztult állatok hulláit megvizsgálták** és meglepődve tapasztalták, hogy bennük **élő tokos baktériumok** voltak. Griffith tehát azt a váratlan felfedezést tette, hogy az **elölt patogén sejtek az élő, nem fertőző sejtekhez keverve, azokat patogénné tették**, azaz megváltoztatták. Griffith arra a következtetésre jutott, hogy az **elölt S-törzsből valamilyen információt hordozó anyag átjut az élő R-törzs sejtjeibe, és a sejtek egy részét átalakítja, transzformálja**.



Griffith tehát az örökítőanyag létét bizonyította, amely a hőhatás után átkerülve a nem kórokozó sejtekbe, azokat tok képzésére serkentette.

Ezt a folyamatot **genetikai transzformációnak** nevezzük. Griffith szerint tehát a baktérium - általa nem ismert – örökítőanyaga okozta a jelenséget, ugyanakkor maga nem próbálta mindenáron meghatározni ezt az anyagot.

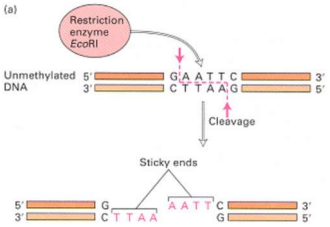
A Griffith által felfedezett természetes **baktérium-transzformáció az alapja a modern mesterséges genetikai transzformációnak**, melynek során **egy sejtbe valamilyen idegen DNS-t – transzgént - juttatnak**, azzal a szándékkal, hogy a **bekerült örökítőanyag megváltoztatja a befogadó** – recipiens - sejt **tulajdonságait**. A bejutott DNS úgymond kifejeződik, azaz az általa kódolt fehérjét gyártja le a sejt, amelynek működése átalakítja a befogadó sejt működését.

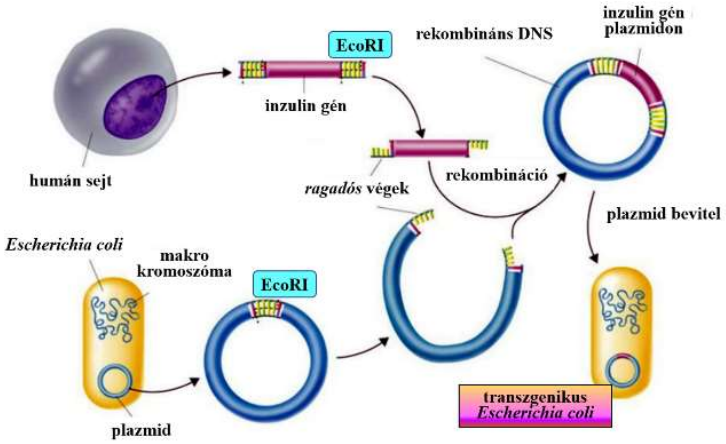
A mesterséges genetikai transzformáció kedvelt alanyai többek között különféle mikroszervezetek, mint pl. baktériumok, élesztőgombák. A mesterséges baktérium-transzformáció során a bejuttatott DNS által kódolt fehérje termeltetése a cél, melyet különféle módon kinyerve felhasználhatóvá válik, mint pl. a coli baktérium által termelt inzulin.

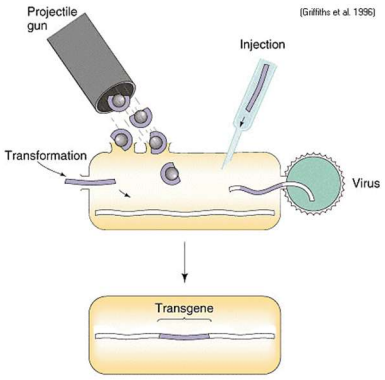
Az eljárás lépései (lásd még 6.3.3. fejezet)

- **Izolálni kell a transzgént**, jelen esetben az **inzulin génjét** emberi genomból.
- A transzgén baktériumba történő bejuttatásához szükséges egy **hordozó molekula**, egy ún. **vektor-DNS**. A vektorok olyan genetikai elemek, melyek képesek idegen DNS-t élő sejtbe juttatni. A leggyakoribb vektorok **plazmidok** vagy **bakteriofágok**. A **plazmidok kisméretű gyűrűs DNS-darabok**, természetes körülmények között is megtalálhatóak baktériumokban.
- A következő lépésben ún. **hibrid – rekombináns - plazmidot** hoznak létre. A hibrid plazmidot úgy állítják elő, hogy egy baktériumból kinyert természetes plazmidba beépítik a bejuttatandó DNS-szakaszt.

- A technológia kivitelezését a **restrikciós endonukleázok** felfedezése tette lehetővé. Nevüket arról kapták, hogy **megakadályozzák a baktériumot fertőző vírus DNS-ének invázióját a molekula feldarabolásával** (restrict = korlátozni). Az endonukleáz megjelölése pedig arra utal, hogy az idegen DNS-t a molekula belsejében levő helyeken hasítják el (görög: endo=belső).
- A restrikciós endonukleázok **nem pontosan szemben vágják el a DNS két szálát**, hanem kissé eltolódva, tehát egyfonalas túlnyúló szálakat, ún. **ragadós végeket képeznek**, ami megkönnyíti két DNS összekapcsolását rekombináns DNS-sé.
- A genetikai vektorok kialakításához szükség van még az ún. **ligáz** enzimre, amely képe**s összekapcsolni különböző DNS-ekből származó szabad végű DNS-darabokat**, létrehozva a hibrid plazmidot.







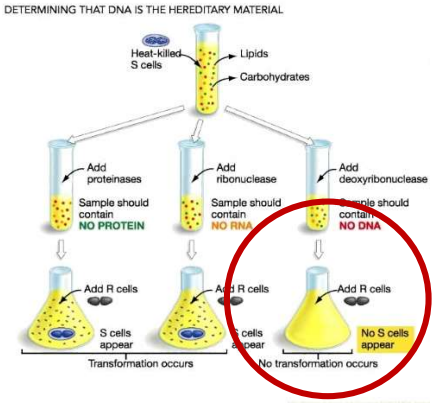
- Az eljárás következő lépése a transzgént hordozó **vektor-DNS bejuttatása** a befogadó sejtbe. Ez többféleképpen történhet, pl.
  - **plazmidok segítségével, mesterséges transzformációval,** melynek során a befogadó sejtet arra késztetik, hogy vegye fel az elkészített hibrid plazmidot. Ilyenkor a baktériumokat és a plazmidokat kalcium-klorid oldatba helyezik, majd felváltva hideg és meleg sokknak teszik ki őket.
  - **Vírusok közvetítésével**, ha a vektor vírus.
  - **Génágyúval**. (A DNS- t néhány μm átmérőjű arany vagy wolframrészecskére rögzítik, majd ezeket a részecskéket nagy sebességre felgyorsítják nagynyomású He vagy N_2 gázzal. A részecskék eltalálják a célsejtet, áthatolnak annak a falán és bejuttatják a szállított DNS-t.)

Az **örökítőanyag meghatározását** Oswald Avery végezte el 1941-ben.

Library of Congress

A hővel elölt **kórokozó S-törzs** baktériumaiból **sejtmentes kivonatokat** készítettek, melyeket egyenként **RNS-t, fehérjét, illetve DNS-t emésztő enzimekkel kezelték**.

A különféle enzimekkel kezelt **S kivonathoz R-variáns baktériumtenyészetet kevertek**, majd megvizsgálták, hogy **találnak-e köztük transzformált baktériumokat.**

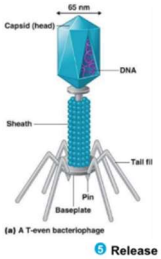


Azt találták, hogy a baktériumkivonatból

- **fehérjék** (proteáz) és
- **RNS**-ek (RNáz) **kivonhatók anélkül, hogy a transzformáció mértéke lényegesen csökkenne.**
- Azonban, amikor **DNS-bontó enzimekkel** – DNáz - **kezelték a kivonatot a transzformáció elmaradt.**

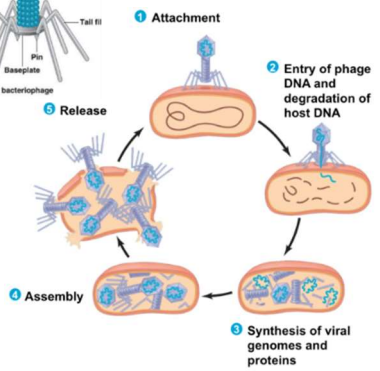
Tehát a transzformációért felelős anyag minden kétséget kizáróan a DNS, mivel **a transzformáló képességet DNáz-készítménnyel való kezelés megszüntette.**

1952-ben Alfred Hershey és Martha Chase baktériumokat fertőző és pusztító vírussal, ún. **bakteriofágokkal végeztek vizsgálatokat**.



Mint minden vírus, a fágok is alapvetően két részből állnak:

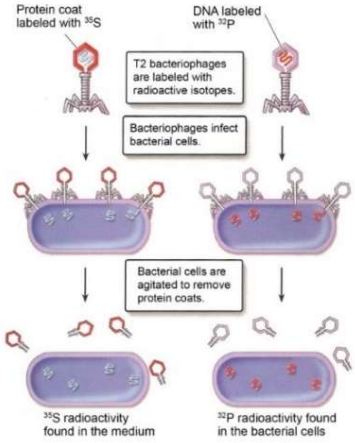
- a **központi információtároló DNS-ből**,
- és az **ezt körülvevő fehérjetokból**, a kapszidból.



Röviden a fertőzés úgy történik, hogy

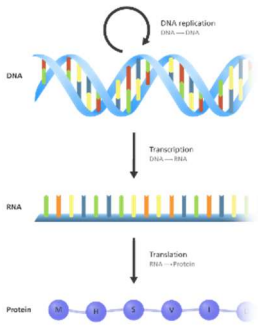
- a fág hozzátapad a baktérium felületéhez,
- egy enzim feloldja a baktériumsejt falát, s az így keletkezett nyíláson a **DNS behatol a baktériumsejtbe**. A **fág fehérjeburka a sejten kívül marad**.
- A bejutott DNS többszöröződik a sejt anyag- és energiakészletét felhasználva.
- A fágok érése után az elpusztult baktériumsejt szétszakad és mintegy 1OO-5OO új fertőzőképes fág szabadul ki belőle.

A kutatók **olyan fágokkal kísérleteztek**, melyek **fehérjéit radioaktív kénnel, DNS-ét radioaktív foszforral jelölték meg**. Az így jelölt fágokkal baktériumsejteket fertőztek.



Rövid idő után **rázással a fágokat eltávolították** a baktérium felületéről, majd **megmérték a baktériumtömeg aktivitását**. Azt tapasztalták, hogy a **radioaktív foszfort tartalmazó vírusok által megfertőzött baktériumok mutatták a radioaktivitást**, míg a radioaktív kénnel megfertőzött baktériumok a rázást követően nem.

Mint már korábban említettem a **monomerek kapcsolódási sorrendjének információt meghatározó jelentősége van, amely információ a fajok egyediségének meghatározója.**

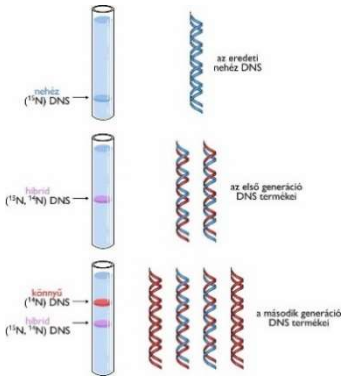


Az élővilágra jellemző közös tulajdonság, hogy **az élőlények felépítésére és működésére vonatkozó információt a DNS-molekulák hordozzák**. A **DNS**-molekulák **monomerjeinek** – nukleotidjainak – a **sorrendje határozza meg** – kódolja – a **fehérjék monomerjeinek** – aminosavainak – a **sorrendjét**, ami pedig a fehérjemolekulák tulajdonságát, biológiai szerepét határozza meg. A DNS információtartalmának továbbításában RNS-molekulák működnek közre. Tehát a sejten belül az **információáramlás** a következőképpen valósul meg:

DNS — átírás — RNS — átfordítás — fehérje — tulajdonság

A DNS információtartalma átíródik RNS-be, amely információ alapján összekapcsolódnak az aminosavak, létrejönnek a fehérjék, amik kialakítják a fajra jellemző tulajdonságokat.

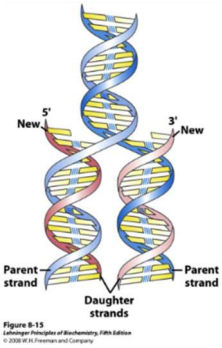
Miután egy sejtet egy fág fertőz meg, de ugyanakkor a sejt pusztulásakor több száz fág is keletkezhet, a vírus-**DNS-nek valamilyen módon sokszorozódnia kell**.



E problémára Matthew Meselson és Franklin Stahl 1958-ban megdönthetetlen bizonyítékokkal alátámasztott kísérlettel adták meg a választ.

- A kísérlet során **kóli baktériumok**at tenyésztettek több generáción át ^{15}**N**, tehát **nehéznitrogén-tartalmú tápoldatban**. A baktérium DNS-ébe bekerült a ^{15}N izotóp, vagyis a sejtek „**nehéz DNS-t**" tartalmaztak.
- Majd ezt követően átoltották a baktériumok egy részét **normál, ^{14}N-es tápoldatba**.
- Egy sejtosztódás után mintát vettek, izolálták a DNS-t, és meghatározták a sűrűségét **sűrűséggradiens centrifugálással. Az eljárás során a gyors forgás miatt fellépő gyorsulás hatására sűrűséggradiens alakul ki a csőben: az oldat sűrűsége a cső alján a legnagyobb, a cső teteje felé haladva pedig fokozatosan csökken. A mintában lévő szerves nagymolekulák az oldat azon rétegébe süllyednek, ahol az oldat sűrűsége megegyezik saját sűrűségükkel.**
- Ugyanezt megtették a második osztódást követően is.
- Az **első osztódás után** csak **közepes sűrűségű DNS**-t kaptak.
- A **második sejtosztódás**t követő eredmény szerint a mintában **50-50%-ban** volt jelen **közepes sűrűségű** és könnyű, azaz **normális sűrűségű DNS**.

A kísérlet eredménye a **DNS megkettőződésének** – **replikációjának** – **szemikonzervatív mechanizmusával** értelmezhető.



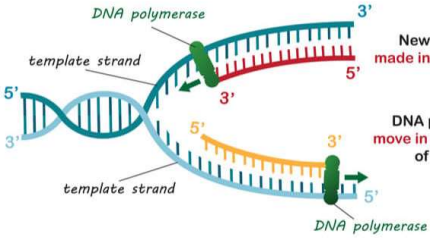
A replikáció során a **DNS két szála elválik egymástól és mintaként szolgál a szemben levő új lánc szintézéséhez**. A DNS-molekulában a bázisok komplementaritása – A-T, G-C - képezi az alapját a genetikai információ pontos másolásának, a DNS megkettőződésének, a replikációnak.

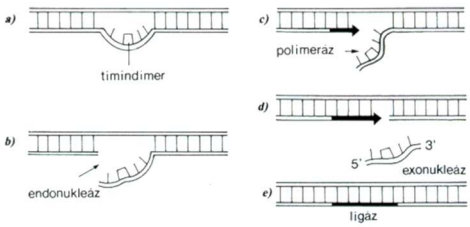
új II. szál 5'... T-T-C-A-G-G-T-C...3'
régi I. szál 3'... A-A-G-T-C-C-A-G...5'
régi II. szál 5'...T-T-C-A-G-G-T-C...3'
új I. szál 3'... A-A-G-T-C-C-A-G...5'

Ennek megfelelően az utód DNS-molekulák egyik lánca a szülői DNS-ből származik, a másik komplementer lánc újonnan szintetizálódik hozzá (szemikonzervatív – félig megmaradó - jelleg).

A replikáció mechanizmusa (részletesen lásd még 6.1. fejezet)

- A replikáció az ún. kezdőponton indul meg.
- A másolást előtt a **DNS-hez kicsavaró fehérjék** – helikázok - **kapcsolódnak**.
- A **helikázok felszakítják a bázisok közötti H-kötéseket**, a DNS-szálak elválnak egymástól.
- A szabaddá vált DNS-szálakhoz **másoló enzimek** – **DNS-polimerázok** – kapcsolódnak.
- **Az enzimek leolvassák a régi szálak bázissorrendjét, és A-val szemben T-t, G-vel szemben C-t helyeznek el**.
- A replikáció pontosságáért a **hibajavító mechanizmusok** felelősek.
- A **replikációs hibák korrigálásáért a DNS-polimeráz a felelős**, amely felismeri a deformált szakaszt, kivágja a hibás részt, majd megfelelő nukleotidokat épít a hibásak helyébe.





https://drive.google.com/file/d/1mcgm6qPC2PawZKcr6g5ZiBoWmhG6UnQ7/view?usp=sharing

A DNS sokszorozása, a PCR-technika (lásd még 6.3.3. fejezet)

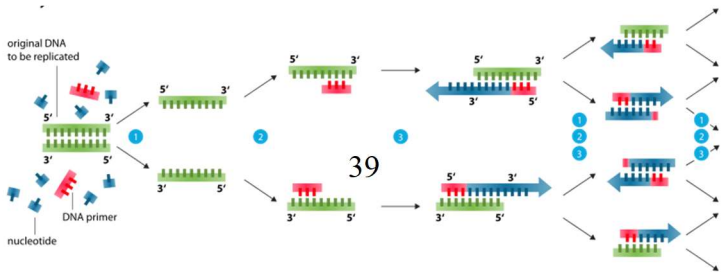
Ma már **számos módszer ismert különböző méretű DNS-szakaszok sokszorosítására**. Ezek közül talán a leginkább elterjedt a **polimeráz láncreakció, a PCR**, amely forradalmasította a géntechnológiát, a molekuláris diagnosztikát.

Az eljáráshoz szükségesek:

- DNS-minta.
- Két primer, amely szükséges a reakció megindulásához.
- **DNS-polimeráz enzim** – amely lemásolja a DNS-t.
- Nukleotidok – amelyekből a DNS-polimeráz felépíti az új DNS-t.

Lépések

1. A minta DNS-t magas hőmérsékletre kell hevíteni, ekkor a DNS két szála különválik.
2. A hőmérséklet csökkentését követően a primerek a DNS-szál elejéhez kapcsolódnak.
3. Az enzim a primerektől elindulva megkezdi a mintaszálnak megfelelő DNS szintézisét.
4. A reakció végére a kiindulási DNS-szakasz mennyisége megkétszereződik.
5. Majd a folyamat az első lépéshez hasonlóan újra indul.



A DNS sokszorosítás (PCR) felhasználási területei

- Az **igazságügyi orvosszakértői munkában** újabban a gyanúsított személyt **genetikai ujjlenyomata** alapján azonosítják, úgy, hogy a DNS-ét a bűncselekmény helyszínéről származó minta DNS-ével hasonlítják össze. Nem szükséges, hogy a minta sok DNS-t tartalmazzon, elméletileg egyetlen DNS-szál is elegendő.
- Az **örökletes és szerzett mutációk vizsgálatához** szükséges a DNS-minta megsokszorozása.
- Egyes **vírusok (HPV, HIV, HCV stb.) és baktériumok által okozott fertőzések kimutatásához** a fertőzést okozó mikroorganizmus DNS-ét sokszorosítani kell. A mikroorganizmusok ellen termelődött antitestek kimutatásán alapuló immunodiagnosztikai vizsgálatokkal szemben a PCR lehetővé teszi a fertőzés kimutatását akkor is, ha az immunválasz valamiért elmarad.
- Több **ezer éves DNS** minták **elemzéséhez** biztosít lehetőséget.

V. A D-vitamin új szerepe 7 pont

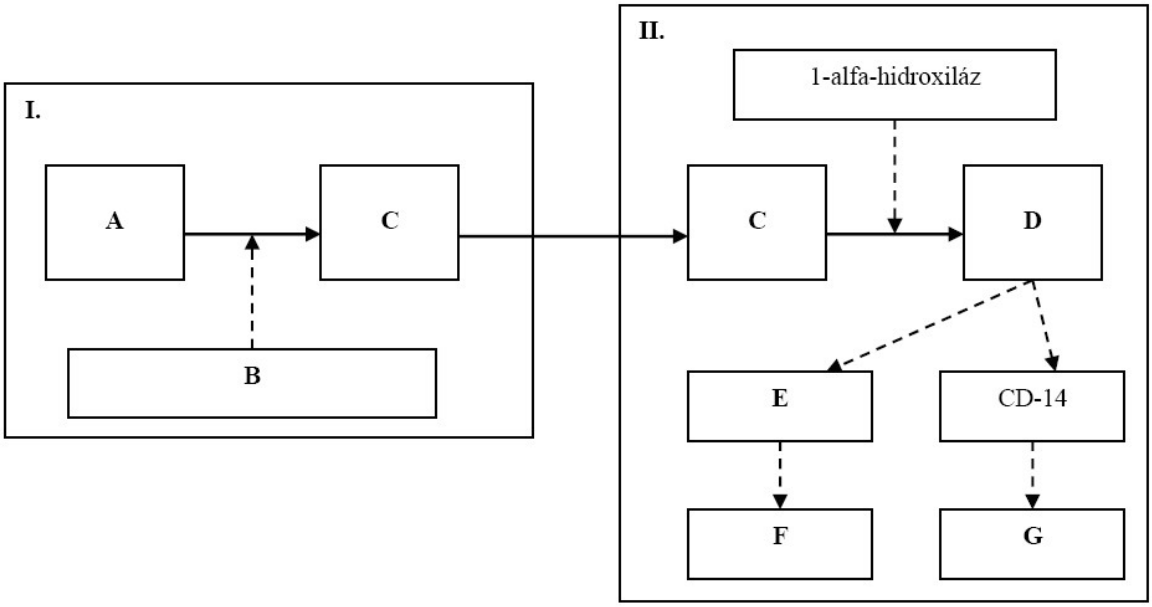
Olvassa el a szöveget, majd az ábra tanulmányozása után válaszoljon a kérdésekre! (Az ábra a szövegben szereplő anyagok átalakulásait, illetve hatásait szemlélteti.)

„A D-vitamin előállításának első lépése a májban játszódik le, ahol a *25-hidroxiláz* nevű enzim az inaktív D-vitamint raktározásra alkalmas formává alakítja. A következő lépés jellemzően a vesében játszódik le, de a közelmúltban más szövetekben, így a bőrben, a belekben és a prosztatában is kimutatták a D-vitamin átalakítását befejező enzimet. Az Iowa Egyetem kutatóinak elhunyt emberi donorok sejtjeiben sikerült kimutatniuk, hogy az alsó légutakat bélelő sejtekben lévő *1-alfa-hidroxiláz* nevű enzim segít átalakítani a D-vitamin raktározott formáját az aktív formává.

A további vizsgálatok azonban azt is bizonyították, hogy a légutakat bélelő sejtekben aktivált D-vitamin két olyan génre is hat, amelyeknek az immunválaszban van szerepe. Az egyik gén a *cathelicidin* nevű fehérjét kódolja, amelynek baktériumölő hatása van. A másik, a CD-14 jelű gén által kódolt fehérje pedig a kórokozók felismerésében tölt be fontos szerepet.

Az Amerikai Gyermekgyógyászati Akadémia orvosai az eddig érvényes napi 200 nemzetközi egységénél (NE) kétszer több, napi 400 nemzetközi egységnek megfelelő D-vitamin-mennyiséget (ez 10 mikrogrammnak felel meg) ajánlottak az újszülöttkortól egészen a kamaszkorig. Az ajánlást az tette időszerűvé, hogy az anyák nem megfelelő táplálkozása miatt az anyatejben gyakran nincs jelen elegendő mennyiségű D-vitamin."

www.origo.hu



Az ábra a szövegben szereplő folyamatokat mutatja be. A folyamatos nyilak az anyag-átalakulásokat jelzik, a szaggatott nyilak enzimhatásra vagy információátadásra utalnak.

Az alábbi táblázatban szereplő anyagok neve mellett adja meg, melyik betű jelöli azokat az ábrán!

1.	a D-vitamin raktározásra alkalmas, nem aktív formája	
2.	a cathelicidin fehérje	
3.	a 25-hidroxiláz enzim	
4.	a kórokozók felismerésében fontos szerepet játszó fehérje	

5. Melyik állítás igaz a D-vitaminra?

A) a lipidek közé tartozik
B) a rodopszin felépítésében vesz részt
C) új ajánlott napi adagja 4000 mikrogramm
D) emésztéskor a bélben szétoszlatja a zsírokat
E) hiánya esetén fokozódik a bélben a kalcium felszívása

Erősítse meg vagy cáfolja az alábbi állításokat (6-7.), amelyeket a cikk néhány olvasója fogalmazott meg. Véleményét indokolja!

6. „Nem feltétlenül vezet D-vitamin-hiányhoz, ha valakinek a szervezetébe nem jut mindennap D- vitamin."

……

……

……

7. „Mivel az anyatej D-vitamin tartalma nem mindig elegendő, ezért anyatej helyett célszerűbb volna megfelelő D-vitamin tartalmú tápszerekkel táplálni az újszülötteket."

……

Megoldás

1. C
2. F
3. B
4. G
5. A

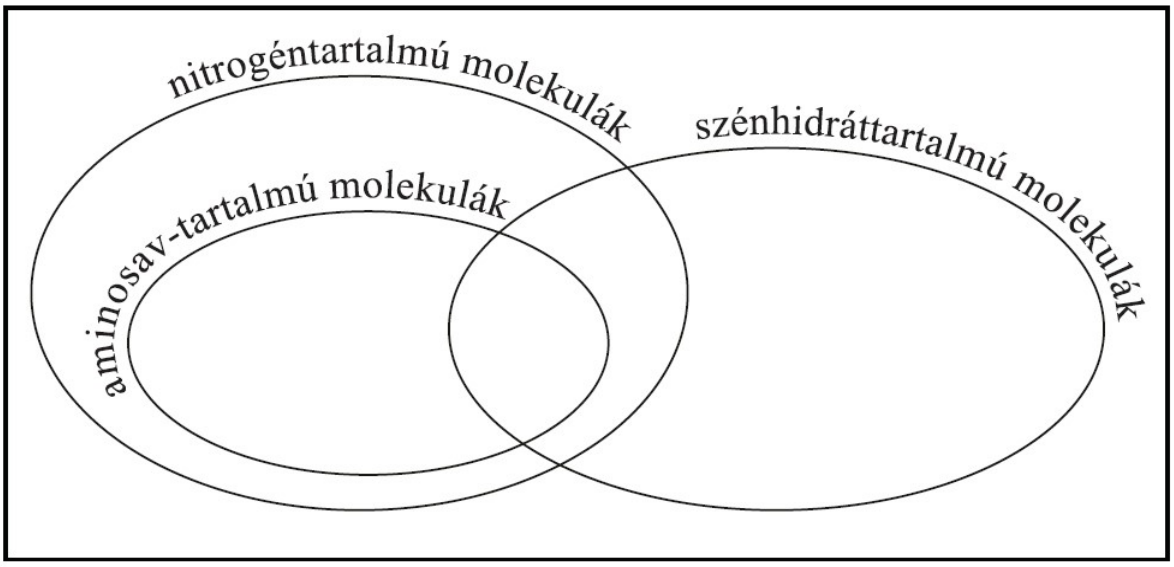
6. Igaz az állítás, mert a D-vitamin (zsírban oldódó, és ezért) raktározódni képes / mert napfény hatására előanyagaiból képződik.
Vagy más, hasonló megfogalmazás, amely az oldhatóságra és a raktározhatóságra utal.

7. Nem igaz az állítás, hiszen az anyatej tápanyag-összetétele kedvezőbb. / Az anyatej D-vitamin hiánya az anya megfelelő táplálkozásával kiküszöbölhető. / A tápszerek nem tartalmaznak immunanyagokat. *Vagy más érv, amely az anyatej előnyét támasztja alá.*

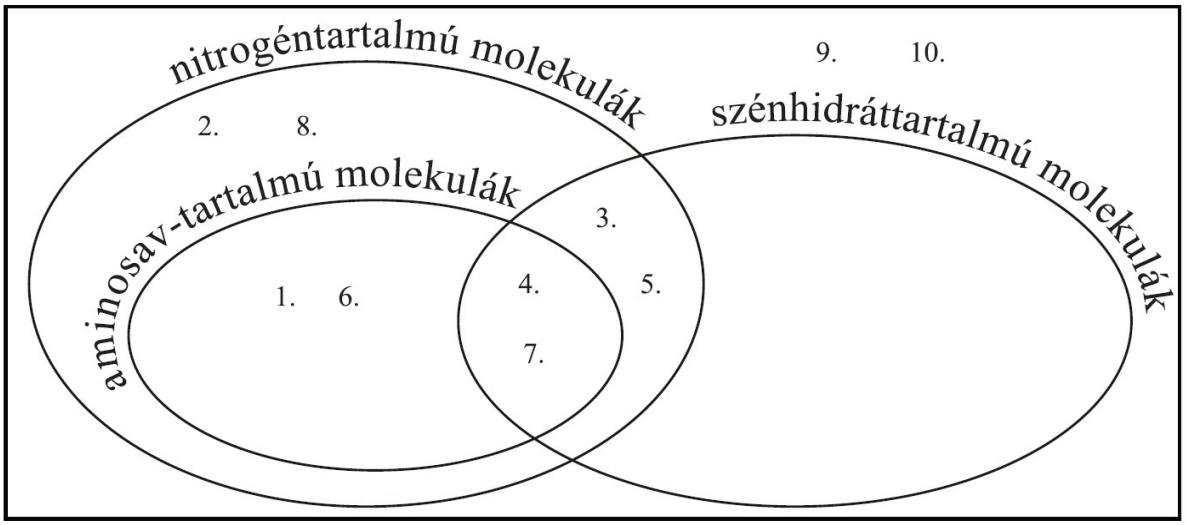
I. Molekulák csoportosítása 10 pont

Írja a felsorolt vegyületek sorszámát a következő halmazábra megfelelő helyeire! Az ábra minden részébe (tehát az ellipsziseken kívülre is) kerülhet szám!

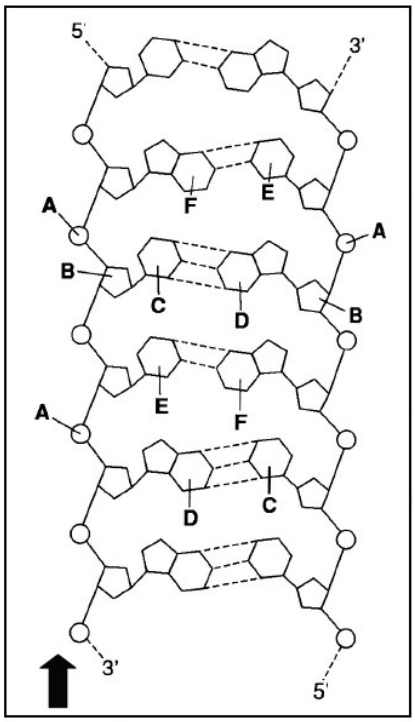
1. A **kollagén** a kötőszövetek rostjaiként nagy mennyiségben előforduló egyszerű fehérje.
2. A **lecitin** a sejtmembránban nagy mennyiségben található foszfolipid, amelyben a foszfátcsoportot egy nitrogéntartalmú alkohol (kolin) is észteresíti.
3. A **DNS** az élőlények örökítő anyaga.
4. A **glikoproteid** molekulák cukortartalmú összetett fehérjék.
5. A **kitin** a gombák és az ízeltlábúak jellegzetes vázanyaga. Monomerjei nitrogéntartalmú cukrok.
6. A **kazein** a tej foszfortartalmú összetett fehérjéje.
7. Egyes **antigének** szénhidrátláncokat is tartalmazó polipeptidek.
8. A **karbamid** az emberi vizeletben is megjelenő anyag.
9. A **sztearinsav** 18 szénatomos zsírsav, amelyet mindössze háromféle elem atomjai építenek fel. Foszfolipidek és neutrális zsírok alkotórésze.
10. A **karotin** kettőskötés rendszere szerepet játszik a növények a fény megkötésében.



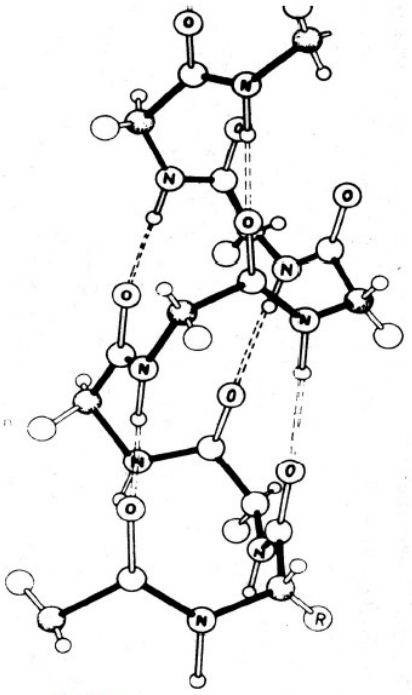
Megoldás



II. Molekuláris csavarvonalak 12 pont



1. ábra



2. ábra

Az 1. ábrán a DNS, a 2. ábrán egy fehérje molekula részlete látható.

Az ábrák tanulmányozása után válaszoljon a kérdésekre!

1. A DNS molekula gerincét a 1. ábrán „A” és „B” betűkkel jelölt részletek alkotják. Mely vegyületet jelképezi a B betű?

……

2. A „C”, „D”, „E” és „F” betűk szerves bázisokat, a szaggatott vonalak hidrogénkötéseket jelölnek. A bal oldali (sötét nyíllal jelölt) DNS szál rajzon látható szakaszán 3’-5’ irányban az első három bázis a következő: guanin–guanin–timin. Mely bázisokat jelölik a felsorolt betűk?

(2 pont)

C: …… D: …… E: …… F: ……

3. „Megtaláltuk az élet titkát!” – hirdette boldogan Crick, miután Watsonnal együtt fölismerte a DNS szerkezetét. A kettős molekuláris csavarvonal valóban sok biológiai jelenséget magyaráz. A felsoroltak közül mi igaz a DNS kettős hélixre? A helyes válaszok betűjeleit írja a négyzetekbe! (2 pont)

A. Csak az egyik szálban következhet be pontmutáció.
B. Ha az egyik szál hibás, a másik alapján kijavítható.
C. Sejtosztódás során az egyik szál az egyik, a másik szál a másik utódsejtbe kerül.
D. A kettős hélix egyik szála az apai, a másik szála az anyai szervezetből kerül az utódba.
E. A kettős hélix kétszer annyi információt hordoz, mint ha egyszálú lenne.

Csavarvonalat (α-hélix) írnak le a fehérjemolekulák is teljes hosszukban vagy egyes szakaszaikon, amint azt a 2. ábra mutatja. A szaggatott vonalak itt is hidrogén-hidakat jelölnek. Hasonlítsa össze a kétféle molekulát! A helyes válaszok betűjeleit írja a négyzetekbe!

A. A DNS kettős hélixre jellemző.
B. Az α-hélix szerkezetű fehérjére jellemző
C. Mindkettőre jellemző.
D. Egyikre sem jellemző.

4.	Alapegységei kondenzációk sorával (polikondenzáció) kapcsolódtak össze.	
5.	Peptidkötéseket tartalmaz.	
6.	Az oldalláncok közti hidrogénkötések tartják fenn csavarvonalú (helikális) szerkezetét.	
7.	A peptidkötések közti hidrogénkötések tartják fenn csavarvonalú (helikális) szerkezetét.	
8.	Megkettőződésre képes.	
9.	Vírusokban lehet örökítő anyag.	
10.	Biztosan tartalmaz foszfor atomokat is.	

Megoldás

1.	dezoxiribózt	1 pont
2.	C: citozin, D: guanin, E: timin, F: adenin. *Ha csak 3 megnevezés helyes: 1 pont.* *Ha csak 2 vagy kevesebb megnevezés helyes: 0 pont.*	2 pont
3.	B, C *(1 + 1 pont)*	2 pont
4.	C	1 pont
5.	B	1 pont
6.	D	1 pont
7.	B	1 pont
8.	A	1 pont
9.	A	1 pont
10.	A	1 pont

VIII. Molekulahatározó 8 pont

Az alábbiakban felsorolt tíz vegyület számos fontos szerepet tölt be az élővilágban. A növényhatározáshoz hasonló módon, lépésről lépésre fejtse meg, mely vegyületeket (vagy vegyületcsoportokat) jelölik az A, B... stb. betűk. Írja a megoldásokat a táblázatba! Két kakukktojás is szerepel a felsoroltak között: ezek a molekulák egyik helyre sem illenek.

A vegyületek:

epesav	**hemoglobin**	**foszfatid(ok)**	**miozin**	**víz**
karotin	**karbamid**	**fibrinogén**	**klorofill***	**inzulin**

1. a) Peptid. …….. 2.
b) Nem peptid …….. 5.
2. a) A vérplazmában fordul elő. …….. 3.
b) A sejtek belsejében aktív. ……. 4.

3. a) Szerkezetváltozása a véralvadás fontos lépése ……	**A:**	
b) Nem játszik szerepet a véralvadás folyamatában ……..	**B:**	
4. a) ATP-bontó enzim ……..	**C:**	
b) Szállítófehérje ……..	**D:**	
5. a) Biológiai szerepe sajátságos polaritási tulajdonságainak köszönhető ……	6.	
b) Biológiai szerepe konjugált kettőskötés-rendszerével magyarázható ……	7.	
6. a) Működése során molekulái úgy helyezkednek el, hogy hidrofób részeik egymás felé fordulnak, hidrofil részeik pedig vizes közeg felé. ……	**E:**	
b) Működése során molekuláinak hidrofób részei apoláris folyadékcseppet vesznek körbe, hidrofil részeik víz felé fordulnak ……..	**F:**	
7. a) Molekulájának felépítésében Mg^{2+} ion is részt vesz ……	**G:**	
b) Nem tartalmaz Mg^{2+} iont. ……	**H:**	

*klorofill = a fotoszintézisben a fényenergiát megkötő molekula

Megoldás

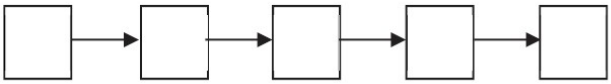
A) fibrinogén
B) inzulin
C) miozin
D) hemoglobin
E) foszfatid(ok)
F) epesav
G) klorofill
H) karotin

VI. A génsebészet „ollói” 11 pont

Ismert, hogy még a baktériumoknak is vannak természetes ellenségei, a bakteriofágok, (röviden fágok), melyek a baktériumsejtet használják elterjedésükhöz.

1. Rendezze a fágfertőzés egyes eseményeit megfelelő időrendi sorrendbe!

   A) A baktérium enzimei, sejtalkotói és alapanyagai felhasználásával a vírus megsokszorozza saját DNS-ét és szintetizálja a burokfehérjéit.
   B) A bakteriofág a baktérium sejtfalához kapcsolódik.
   C) A fágrészecskék által kódolt enzim feloldja a baktériumsejtet és a fágok kijutnak a sejtből.
   D) A megsokszorozódott fág DNS-molekulák és burokfehérjék fertőzőképes fágrészecskékké állnak össze.
   E) A fág bejuttatja DNS-molekuláját a baktériumsejtbe.



2. Melyik jött létre előbb az evolúció során: a fág vagy a baktérium? Válaszát a vírusok eredetével kapcsolatos ismeretei alapján indokolja!

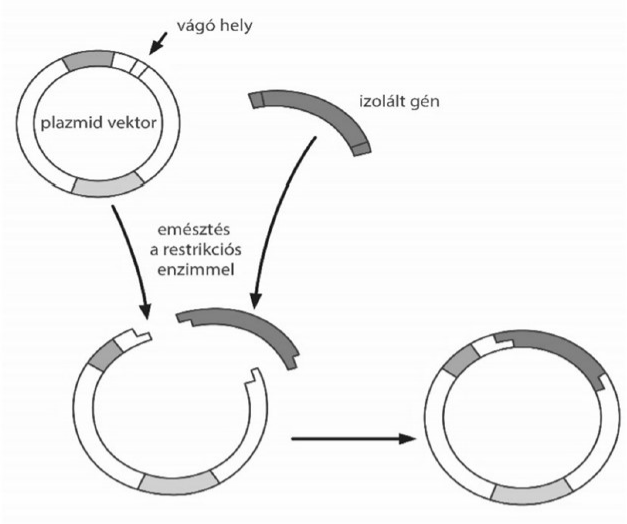
   .....

   .....

A baktériumok — más élőlényekhez hasonlóan — védekezni is tudnak a betolakodókkal szemben. Úgynevezett restrikciós enzimeket termelnek, melyek meghatározott bázissorrendű helyeknél, ún. vágóhelyeknél a fág DNS-t elhasítják. A vágóhelyek általában 4-6 bázispár hosszúak és többször ismétlődnek a fág DNS-ben. A baktérium saját DNS-ének azonos bázissorrendű helyeihez metilcsoportot kapcsol, melyekhez így a restrikciós enzim már nem tud hozzákapcsolódni, és nem tudja azokat elvágni. Ezáltal a baktérium meg tudja védeni saját DNS-ét.

3. A restrikciós enzimek megakadályozzák a fágok elszaporodását a baktériumsejtben. Az alábbiak közül mely válaszok indokolják ezt leginkább? (2 pont)

   A) A fág így nem tud megtapadni a baktériumsejt felszínén.
   B) A baktérium így saját magát is elpusztítja, így a fág nem tud sokszorozódni.
   C) A fág DNS kódolja a fág fehérjeburkát és feldarabolva már nem tud mRNS szintetizálódni róla.
   D) A feldarabolt fág DNS alkalmatlan arra, hogy megduplázódjon.
   E) A restrikciós enzim gátolja a baktériumsejt enzimeit.



A baktériumoktól „kölcsönkért” restrikciós enzimek a géntechnológiai eljárások alapvető eszközévé váltak, mivel lehetővé teszik a DNS célirányos vágását. A vágás helyén az ún. ragadós végeket létrehozó enzimek különösen hasznosak.

4. Az ábra alapján magyarázza a ragadós végek felhasználását a géntechnológiában!

……..

……..

……..

……

A restrikciós enzimek is az enzimkatalízis alapelveinek megfelelően működnek, melyet az alábbi szövegrész foglal össze.
Egészítse ki az alábbi szöveg hiányzó részeit a megadott szavak felhasználásával! Egy szót többször is felhasználhat. (6 pont)

fehérje,	**nukleinsav,**	**aminosavsorrend,**	**bázissorrend,**
aktív centrum,	**szubsztrát,**	**aktiválási energia,**	**reakcióhő**

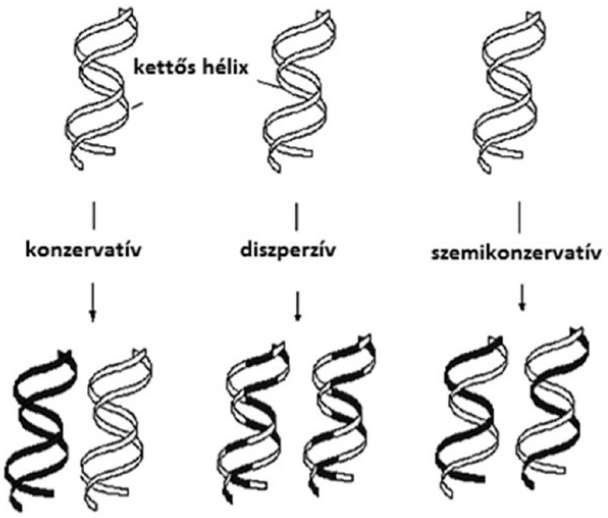
Az enzimek (5.) …… molekulák, melyeket adott (6.) ……..…… jellemez, ami meghatározza az enzim térszerkezetét. E térszerkezet fontos része az enzimmolekula felszínének jellegzetes mélyedése, a/az (7.) ……..…… Az enzimreakció (8.) ……..……-ja/je a kulcs-zár analógia alapján pontosan illik a/az (9.) ……..……-ba/be. Ez a kapcsolódás teszi lehetővé, hogy az enzim képes katalizálni a kémiai reakciót azáltal, hogy csökkenti a/az (10.) ……..……..-t.

Megoldás

1. Helyes sorrend: B-E-A-D-C. (Csak a teljes, helyes sorrendért jár 1 pont.) 1 pont
2. A baktérium, mert a fág csak élő sejtben tud szaporodni / A vírusok a gazdasejt DNS-éből kiszakadt és önállósodott részecskék. 1 pont
3. C, D 1+1 = 2 pont
4. Indokás: az azonos enzimmel vágott ragadós végek össze tudnak kapcsolódni egymással/különböző DNS-darabok ragadós végei össze tudnak kapcsolódni. 1 pont
5. fehérje 1 pont
6. aminosavsorrend 1 pont
7. aktív centrum 1 pont
8. szubsztrát 1 pont
9. aktív centrum 1 pont
10. aktiválási energia 1 pont

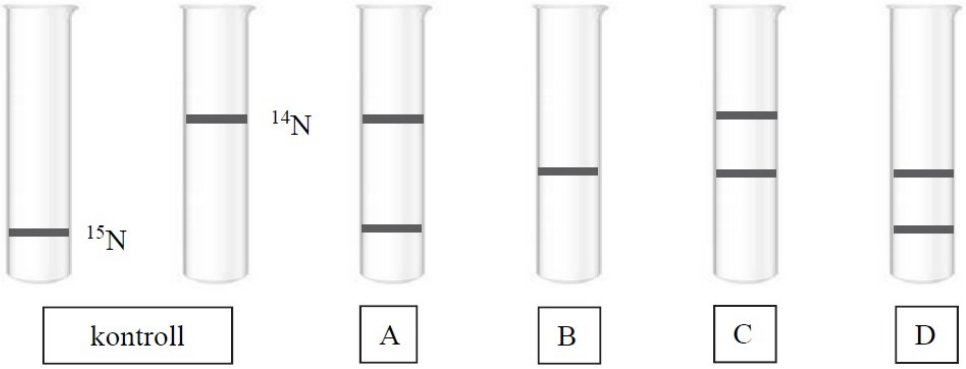
II. A DNS megkettőződése 8 pont

Miután Watson és Crick megalkották a DNS-szerkezeti modelljüket, felvetődött a kérdés: milyen módon történhet a DNS megkettőződése? Az alábbi ábra három lehetséges modellt mutat. Mivel ekkor még nem ismerték a DNS-megkettőződés módját, elvben bármelyik elképzelhető volt. Az ábrán a világos szín jelöli az eredeti, a sötét pedig az új DNS-szálat.



1. ábra

Elsőként Matthew Meselson és Franklin Stahl derítette ki egy 1957-es kísérletben, hogy valójában melyik a helyes modell.
Az előkísérlet során Escherichia coli baktériumokat (kólibaktériumokat) tenyésztettek ^{15}N izotópot tartalmazó tápoldatban több generáción át. A baktérium minden N-tartalmú molekulájába beépült a ^{15}N izotóp. Egy párhuzamos kísérletben normál ^{14}N-tartalmú tápoldatban is tenyésztettek E. coli baktériumot. Mindkét esetben kivonták a baktériumokból a DNS-t, majd egy akkoriban kifejlesztett technikát vetettek be, a sűrűséggradiens centrifugálást, amelyben a gyors forgás miatt fellépő gyorsulás hatására sűrűséggradiens alakul ki a csőben: az oldat sűrűsége a cső alján a legnagyobb, a cső teteje felé haladva pedig fokozatosan csökken. A mintában lévő szerves nagymolekulák az oldat azon rétegébe süllyednek, ahol az oldat sűrűsége megegyezik saját sűrűségükkel.
A 2. ábrasorozat első két rajza, a „kontroll" mutatja a DNS-ek elhelyezkedését a centrifuga-csövekben.



2. ábra

1. „A baktérium minden N-tartalmú molekulájába bekerült a ^{15}N izotóp." Melyik vegyületekbe épült be az alábbiak közül? A megfelelő betűjelekkel válaszoljon! (2 pont)

A) A DNS uraciljába
B) A DNS adeninjába
C) Az RNS-esek ribózába
D) Az RNS-esek timinjébe
E) Az aminosavakba

A kísérlet folytatásaként ismét E. coli baktériumokat tenyésztettek ^{15}N tápoldatban több generáción át, majd átoltották a baktériumok egy részét normál, ^{14}N-es tápoldatba. Az itt osztódó baktériumsejtekből az **első osztódás** után mintát vettek, a sejteket elölték, elkülönítették a DNS-üket, és meghatározták a sűrűségüket. Ugyanezt megtették a **második osztódást** követően is.

2. Mai tudásunk alapján döntse el és adja meg, hogy melyik betűvel jelölt centrifugacső mutatta az első osztódás után tapasztalt eloszlást!

3. A feladat elején bemutatott replikációs modellek közül melyiket igazolta a tapasztalat? Írja le a modell nevét!

.....

4. A négy centrifugacső közül melyik betűvel jelölt mutatja a második osztódás után tapasztaltat? A megfelelő betűjellel válaszoljon!

5. Melyik sejtalkotóban játszódik le az alábbiak közül DNS-megkettőződés?

A) Az érett vörösvérsejtek sejtmagjában.
B) A baktériumok sejtmagjában.
C) A riboszómákon.
D) Az eukarióta sejtek mitokondriumaiban.
E) A baktériumok sejtplazmájában.

6. A megkettőződés folyamatát ma a bázispárosodás segítségével magyarázzuk. Fogalmazza meg az eközben megnyilvánuló szabályt a megfelelő bázisok megnevezésével!

.....

Megoldás

1.	B, E	2 pont
2.	B	1 pont
3.	a szemikonzervatív modellt	1 pont
4.	C	1 pont
5.	D, E	2 pont
6.	Adenin bázissal szemben timin, guaninnal szemben citozin épül be (az új láncba). *Másképpen megfogalmazott helyes válasz is elfogadható.*	1 pont